



**TESIS - PM147501**

**ANALISIS RISIKO KERUSAKAN PERALATAN  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE FMEA UNTUK  
MENINGKATKAN KINERJA PEMELIHARAAN  
PREDIKTIF PADA PEMBANGKIT LISTRIK**

**RAMA FITRIYAN  
9113201608**

**DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir. Bambang Syairudin, MT**

**PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI  
PROGRAM PASCASARJANA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**



**THESES - PM147501**

# **EQUIPMENT FAILURE RISK ANALYSIS USING FMEA TO IMPROVE PREDICTIVE MAINTENANCE PERFORMANCE OF POWER PLANT**

**RAMA FITRIYAN  
9113201608**

**SUPERVISOR  
Dr. Ir. Bambang Syairudin, MT**

**PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI  
PROGRAM PASCASARJANA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**

## LEMBAR PENGESAHAN

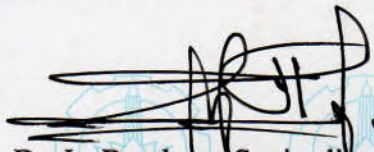
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

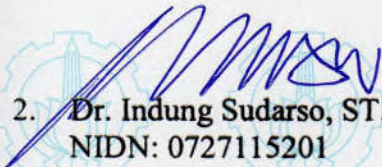
**RAMA FITRIYAN**  
**NRP. 9113201608**

Tanggal Ujian : 22 Juni 2016  
Periode Wisuda : September 2016


Disetujui oleh :

1.   
Dr. Ir. Bambang Syairudin, MT  
NIP: 19631008 199002 1001

(Pembimbing)

2.   
Dr. Ir. Indung Sudarso, ST., MT.  
NIDN: 0727115201

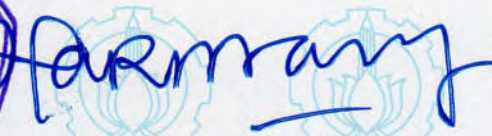
(Penguji)

3.   
Dr. Ir. Fuad Achmadi, MSME  
NIDN: 0720116103

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana,



  
Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc. Ph.D  
NIP. 19601202 198701 1001



**LEMBAR PERNYATAAN  
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : RAMA FITRIYAN  
Nrp. : 9113201608  
Jurusan / Fak. : MAGISTER MANAJEMEN INDUSTRI  
Alamat kontak : PANTAI MENTARI BLOK Z NO.22, SURABAYA  
a. Email : Rama.fitriyan@gmail.com  
b. Telp/HP : 08121875340

Menyatakan bahwa semua data yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.


Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalti-Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :

ANALISIS RISIKO KERUSAKAN PERALATAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE FMEA UNTUK MENINGKATKAN KINERJA PEMELIHARAAN PREDIKTIF PADA PEMBANGKIT LISTRIK

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Surabaya  
Pada tanggal : 1 AGUSTUS 2016  
Yang menyatakan,

  
Rama Fitriyan  
Nrp. 9113201608



**KETERANGAN :**

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan di bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi.

# **ANALISIS RISIKO KERUSAKAN PERALATAN DENGAN MENGUNAKAN METODE FMEA UNTUK MENINGKATKAN KINERJA PEMELIHARAAN PREDIKTIF PADA PEMBANGKIT LISTRIK**

Nama Mahasiswa : Rama Fitriyan  
NRP : 9113201608  
Pembimbing : Dr. Ir. Bambang Syairudin, MT

## **ABSTRAK**

Keandalan pembangkit listrik merupakan kemampuan suatu peralatan atau komponen listrik untuk mampu melakukan fungsi operasinya pada periode waktu dan kondisi operasi tertentu sehingga dapat menghasilkan energi listrik dan mampu melayani pasokan listrik ke konsumen. Untuk mendukung keandalan tersebut digunakan sistem pendukung keputusan dan analisis risiko yang dapat mengidentifikasi potensi penyebab dan dampak apabila terjadi kerusakan pada komponen pembangkit listrik. Mekanisme yang digunakan yaitu *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan harapan dapat mengidentifikasi risiko yang melekat pada proses bisnis pengelolaan PLTU.

Diantara peralatan yang ada pada PLTU, transformator merupakan peralatan yang memiliki risiko tertinggi terhadap dampak yang diakibatkan apabila timbul kerusakan yaitu sebesar 480. Untuk menganalisis jenis kerusakan, penyebab, dampak dan pencegahannya digunakan metode FMEA. Rekomendasi metode FMEA yaitu pelaksanaan pemeliharaan prediktif yang dilakukan untuk menganalisis potensi kerusakan yang dapat terjadi sebelum peralatan tersebut mengalami kerusakan.

Kinerja enam buah PLTU yang dikelola PT PJB Services terhadap kegiatan pemeliharaan prediktif dan penerapan metode FMEA diukur dan dibandingkan dengan *key performance indikator* yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Penilaian kinerja didapatkan bahwa masih ada unit PLTU yang masih dibawah target kinerja. Sebagian besar permasalahan yang terjadi yaitu belum adanya jadwal pelaksanaan dan *workshop* pengkajian yang rutin dilaksanakan unit PLTU. Kajian FMEA yang kurang menyebabkan tindak lanjut, analisis CBA dan rekomendasi untuk pemeliharaan belum efektif sehingga berdampak pada kehandalan unit pembangkit yang masih dibawah target kinerjanya.

Kata kunci: Analisis risiko, FMEA, kinerja, pemeliharaan prediktif

# **EQUIPMENT FAILURE RISK ANALYSIS USING FMEA TO IMPROVE PREDICTIVE MAINTENANCE PERFORMANCE OF POWER PLANT**

By : Rama Fitriyan  
Student Identity Number : 9113201608  
Supervisor : Dr. Ir. Bambang Syairudin, MT

## **ABSTRACT**

Power plant reliability is the ability of an equipment or electrical components to perform their operation function in the period of time and the specific operating conditions so the power plant able to generate electrical energy and to serve the electricity supply for consumers. To support the system reliability is used decision support and risk analysis to identify potential causes and the impact in the event of the power plant equipment damage. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method is used to identify power plant business risk.

Transformer has the highest risk when incurred damage amounting to 480. In order to analyze the type of damage, causes, effects and prevention used FMEA method. Recommendations from the FMEA methods are the implementation of predictive maintenance is carried out to analyze the potential defect that occur before the equipment was damaged.

Six power plants performance that operated by PT PJB Services, where predictive maintenance activities and the implementation of FMEA methods were measured and compared with key performance indicators that have been set by the management. The performance assessment showed there are power plants were still below their performance. Most of the problems, they did not have routine schedule and routine assessment workshop. The impact were follow-up, CBA analysis and recommendations for maintenance had not been effective so the impact on the reliability of generating units were still below target performance.

Keywords: FMEA, performance, predictive maintenance, risk analysis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar belakang .....	1
1.2 Rumusan masalah.....	4
1.3 Tujuan penelitian .....	4
1.4 Manfaat penelitian .....	5
1.5 Batasan masalah .....	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	7
2.1 Konsep manajemen risiko .....	7
2.2 Manajemen risiko berbasis ISO 31000.....	8
2.3 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) .....	16
2.4 Manajemen pemeliharaan pada pembangkit listrik.....	20
2.4.1 Manajemen keandalan .....	20
2.4.2 Filosofi pemeliharaan mesin .....	22
2.4.3 Pemantauan efektivitas pemeliharaan dengan menggunakan indikator hasil pencapaian ( <i>performance indicator</i> ) .....	25
2.5 Profil PT PJB Services .....	28
2.6 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) .....	31
2.7 Literatur penelitian manajemen risiko .....	33

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	37
3.1 Objek peneltian.....	37
3.2 Diagram alir penelitian .....	37
3.3 Tahap identifikasi masalah .....	38
3.4 Tahap pengumpulan data.....	39
3.5 Tahap pengolahan data .....	41
3.6 Tahap evaluasi data dan kesimpulan .....	44
 BAB 4 HASIL PENELITIAN .....	 47
4.1. Prioritas risiko pada peralatan pembangkit listrik .....	47
4.2. FMEA pada peralatan pembangkit listrik .....	48
4.3. Tindak lanjut pemeliharaan prediktif .....	52
4.4. Implementasi pemeliharaan prediktif dan FMEA dalam penilaian kinerja .....	 53
4.4.1. Penilaian kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU A	54
4.4.2. Penilaian kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU B	57
4.4.3. Penilaian kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU C	59
4.4.4. Penilaian kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU D	62
4.4.5. Penilaian kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU E	65
4.4.6. Penilaian kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU F	68
4.5. Implementasi manajemen risiko pada unit pembangkit PT PJB Services .....	 71
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	 73
5.1. Kesimpulan .....	73
5.2. Saran .....	74
 DAFTAR PUSTAKA .....	 75



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Literatur penelitian manajemen risiko .....	34
Tabel 3.1. Contoh tabel FMEA .....	40
Tabel 3.2. Kriteria dampak dan peringkatnya .....	41
Tabel 3.3. Kriteria <i>occurence</i> dan peringkatnya .....	42
Tabel 3.4. Kriteria <i>detection</i> dan peringkatnya .....	43
Tabel 3.5. Tabel pencapaian dan target kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA .....	45
Tabel 3.6. Tabel pencapaian dan target kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA .....	46
Tabel 4.1. Tabel sepuluh peralatan dengan nilai RPN tertinggi .....	48
Tabel 4.2. FMEA pada sepuluh peringkat <i>Risk Priority Number</i> tertinggi ...	50
Tabel 4.3. <i>Equipment &amp; technology matrix</i> pemeliharaan prediktif .....	52
Tabel 4.4. Kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU A semester II tahun 2015 .....	54
Tabel 4.5. Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU A semester II tahun 2015 .....	56
Tabel 4.6. Kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU B semester II tahun 2015 .....	57
Tabel 4.7. Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU B semester II tahun 2015 .....	58
Tabel 4.8. Kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU C semester II tahun 2015 .....	60
Tabel 4.9. Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU C semester II tahun 2015 .....	61
Tabel 4.10. Kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU D semester II tahun 2015 .....	63
Tabel 4.11. Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU D semester II tahun 2015 .....	64

Tabel 4.12. Kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU E	
semester II tahun 2015 .....	66
Tabel 4.13. Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU E	
semester II tahun 2015 .....	67
Tabel 4.14. Kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU F	
semester II tahun 2015 .....	69
Tabel 4.15. Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU F	
semester II tahun 2015 .....	70

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Persentase kegiatan pemeliharaan kondisi sekarang .....	2
Gambar 1.2. Grafik rencana dan realisasi CF PLTU sampai minggu ke-14 tahun 2015.....	4
Gambar 2.1 Hubungan antara prinsip manajemen risiko, kerangka dan proses .....	10
Gambar 2.2 Proses pengelolaan manajemen risiko.....	11
Gambar 2.3 Ilustrasi pengalihan risiko .....	15
Gambar 2.4 Hubungan antara berbagai elemen FMEA .....	18
Gambar 2.5 Contoh identifikasi <i>Item</i> dalam disain sistem FMEA .....	18
Gambar 2.6 Tahapan kegagalan fungsi.....	21
Gambar 2.7 Strategi pemeliharaan.....	22
Gambar 2.8 Filosofi pemeliharaan .....	23
Gambar 2.9 Kerangka kerja indikator pencapaian kinerja pemeliharaan .....	26
Gambar 2.10 <i>Business map</i> O&M PT. PJB Services.....	28
Gambar 2.11 Struktur grup perusahaan PT. PJB Services.....	29
Gambar 2.12 Jumlah karyawan PT. PJB Services .....	30
Gambar 2.13 Kerangka kerja manajemen keandalan.....	30
Gambar 2.14 Diagram alir sistem PLTU .....	32
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	38
Gambar 4.1 Grafik kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU A semester II tahun 2015 .....	55
Gambar 4.2 Grafik kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU A semester II tahun 2015 .....	56
Gambar 4.3 Grafik kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU B semester II tahun 2015 .....	58
Gambar 4.4 Grafik kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU B semester II tahun 2015 .....	59
Gambar 4.5 Grafik kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU C semester II tahun 2015 .....	60

Gambar 4.6 Grafik kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU C semester II tahun 2015 .....	62
Gambar 4.7 Grafik kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU D semester II tahun 2015 .....	63
Gambar 4.8 Grafik kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU D semester II tahun 2015 .....	65
Gambar 4.9 Grafik kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU E semester II tahun 2015 .....	66
Gambar 4.10 Grafik kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU E semester II tahun 2015 .....	68
Gambar 4.11 Grafik kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU F semester II tahun 2015 .....	69
Gambar 4.12 Grafik kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU F semester II tahun 2015 .....	70



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kerangka kinerja proses pemeliharaan prediktif .....	77
Lampiran 2. Kerangka kinerja proses FMEA .....	80
Lampiran 3. Kerangka kerja hasil pemeliharaan prediktif .....	82
Lampiran 4. Kerangka kerja hasil FMEA .....	83

# BAB 1

## PENDAHULUAN

Pada Bab 1 ini berisi tentang latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika batasan masalah pada laporan penelitian.

### 1.1. Latar belakang.

Manajemen risiko merupakan hal yang sangat penting untuk diterapkan dalam suatu perusahaan dengan harapan perusahaan itu dapat dikelola dengan baik. Penerapan manajemen risiko dalam suatu perusahaan didorong oleh adanya *regulatory driver*, yaitu adanya ketentuan dari pemerintah untuk menerapkan prinsip-prinsip *good corporate governance* yang salah satu unturnya adalah keharusan untuk menerapkan manajemen risiko dalam kegiatan usahanya (Tim PPA, 2013). Selain itu adanya *business driver*, dimana kebijakan perusahaan untuk menerapkan dan mengembangkan manajemen risiko di tengah-tengah lingkungan bisnis global sehingga tercapai sasaran strategis dan operasionalnya.

Risiko merupakan kemungkinan suatu kejadian yang dapat mempengaruhi pencapaian tujuan/sasaran perusahaan, yang diukur dengan kombinasi kemungkinan kejadian dan dampak yang ditimbulkan. Manajemen risiko adalah suatu sistem pengelolaan risiko yang dihadapi oleh organisasi secara komprehensif untuk tujuan meningkatkan nilai perusahaan (Hanafi, 2014). Pengertian manajemen risiko yang lain yaitu seperangkat kebijakan, prosedur yang lengkap, yang dimiliki organisasi, untuk mengelola, memantau, dan mengendalikan organisasi terhadap risiko (Warburg, 2004).

Dalam analisis risiko metode yang digunakan yaitu metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), yang merupakan metode untuk menilai dampak dari setiap kemungkinan terjadinya kegagalan atau kerusakan pada komponen peralatan dengan cara menjabarkan keseluruhan kegagalan (yang biasanya lebih dari satu) kemudian secara sistematis diurutkan dalam tingkat level kegagalan (David, 2001). Salah satu faktor yang penting dalam suksesnya penerapan FMEA

adalah melakukan penaksiran sebelum proses berlangsung (*before the event*) dan bukan melakukan sesudah terjadi (*after the fact*). Untuk mendapatkan hasil yang baik, FMEA harus dilakukan atau diterapkan sebelum potensial kegagalan dari proses atau produk telah terjadi dalam produk atau proses tersebut.

Untuk mendukung penerapan FMEA di bidang pemeliharaan, diperlukan suatu upaya peningkatan keandalan peralatan melalui penaksiran peralatan tersebut sebelum terjadinya kegagalan. Upaya itu disebut sebagai pemeliharaan prediktif (*predictive maintenance*). Pemeliharaan prediktif yaitu suatu proses yang membutuhkan teknologi dan keahlian orang (*skill SDM*) yang menggabungkan semua data dan *performance* yang ada, *maintenance histories*, data operasi dan disain untuk membuat keputusan kapan harus dilakukan tindakan pemeliharaan pada peralatan (David, 2001). Pemeliharaan prediktif dapat menghindari terjadinya kerusakan yang tidak terencana, meningkatkan umur mesin, dan menjadikan pemeliharaan sebagai kegiatan yang terencana.

Pada berbagai perusahaan berkelas dunia, 80% dari kegiatan pemeliharaan merupakan kegiatan yang terencana (*tactical maintenance*) dimana 50% kegiatan pemeliharaan adalah pemeliharaan prediktif. (Gambar 1.1). Pemeliharaan prediktif menjadi prioritas utama karena pemeliharaan ini dapat dilakukan tanpa mengganggu peralatan yang sedang beroperasi, sehingga dapat ditentukan perencanaan pemeliharaan selanjutnya dengan tepat dan menurunkan biaya pemeliharaan dan operasional (Scheffer, 2004).

Pemeliharaan	Kondisi sekarang	<i>Best practice</i>
Reactive	55%	10%
Preventive	31%	25-35%
Predictive	12%	45-55%
Proactive	2%	5-15%

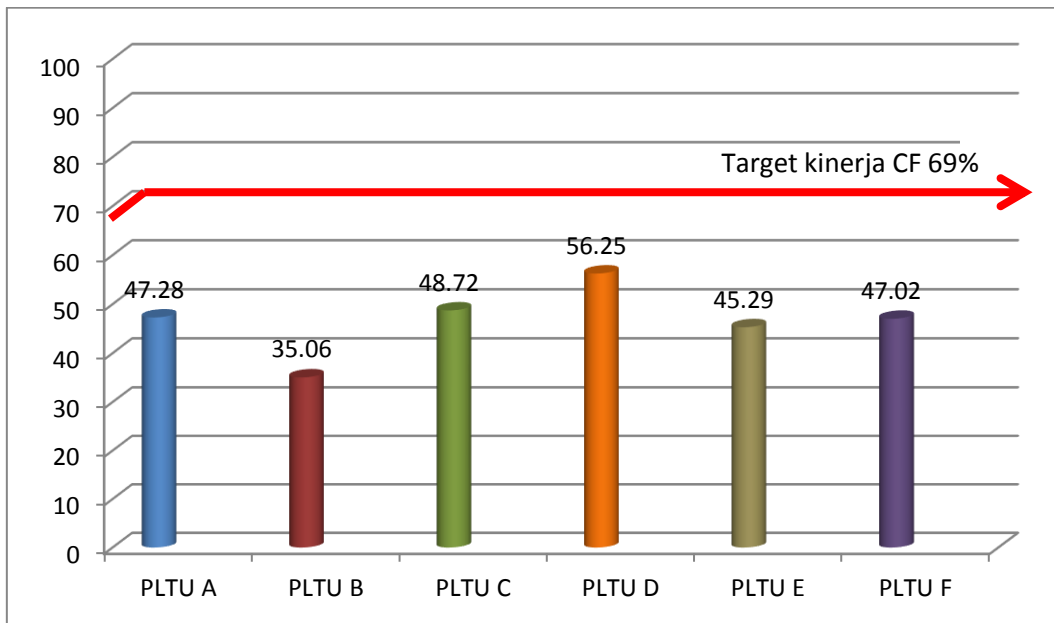
Gambar 1.1. Persentase kegiatan pemeliharaan kondisi sekarang (*Reliability magazine*, 2002)

Di dalam industri kelistrikan, perkembangan dan pertumbuhan ekonomi Indonesia menyebabkan kebutuhan pasokan listrik juga semakin besar. Oleh karena itu pemerintah membangun proyek kelistrikan *Fast Track Program* Tahap 1 (FTP 1) sekaligus juga untuk memperbaiki *fuel mix* melalui diversifikasi energi primer dari bahan bakar minyak (BBM) ke non-BBM dengan memanfaatkan batu bara kalori rendah. Proyek kelistrikan pemerintah ini tersebar di berbagai lokasi di seluruh Indonesia sebesar 10.000 Mega Watt.

Kenyataan operasional dari pembangkit listrik tersebut menunjukkan bahwa pembangkit FTP tahap 1 khususnya PLTU, *hidden capacity*-nya masih cukup besar serta keandalannya masih belum optimal karena beberapa masalah kronis yang belum terselesaikan dengan tuntas yang ditandai dengan MTBF (*Mean Time Between Failure*) yang masih pendek dan kecepatan pemeliharaan atau MTTR (*Mean Time To Repair*) yang rendah. *Hidden capacity* itu juga dapat dilihat dari faktor kapasitas (*Capacity Factor*, CF) beberapa pembangkit yang masih rendah yang belum sesuai target kinerja dari *holding* yaitu 69% (Gambar 1.2). CF menunjukkan besar sebuah unit pembangkit tersebut untuk dimanfaatkan yang didefinisikan sebagai perbandingan produksi energi dalam satu tahun (MWh) terhadap daya mampu netto dalam satu tahun. Kegiatan pemeliharaan yang tidak terencana meningkatkan nilai EFOR, yaitu ratio jam tidak beroperasinya pembangkit atau menurunnya kemampuan pembangkit yang tidak direncanakan terhadap jam periode dan menurunkan faktor ketersediaan pembangkit EAF, yaitu realisasi antara jam kesiapan pembangkit terhadap jam periode selama satu periode.

Dalam pengelolaan PLTU yang diperlukan strategi untuk meningkatkan target kinerja diantaranya melalui optimalisasi pemanfaatan teknologi CBM (*Condition Based Maintenance*) untuk monitoring seluruh peralatan yang ada di dalam PLTU. Selain itu juga perlunya peningkatan *maturity level* pembangkitan melalui percepatan pelaksanaan proses bisnis tata kelola pembangkitan khususnya pada bidang pengelolaan risiko agar *maturity level* proses bisnis segera meningkat secara berkelanjutan.





Gambar 1.2. Grafik rencana dan realisasi CF PLTU sampai minggu ke-14 tahun 2015 (Data kinerja UBJOM Luar Jawa tahun 2015)

### 1.2. Rumusan masalah.

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menganalisis risiko kerusakan peralatan yang dapat terjadi pada industri pembangkit listrik?
2. Bagaimana cara melakukan pengelolaan risiko yang dapat menciptakan pola pemeliharaan prediktif pada pembangkit listrik?
3. Sejauh mana pemeliharaan prediktif mampu meningkatkan kinerja keandalan pada pembangkit listrik?

### 1.3. Tujuan penelitian.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui risiko yang timbul dan dampak yang berpengaruh terhadap kinerja operasional pembangkit listrik dan menganalisisnya dengan menggunakan metode FMEA berdasarkan nilai prioritas risiko RPN.
2. Melakukan pengelolaan risiko yang timbul melalui pola pemeliharaan prediktif dengan tujuan untuk mencegah terjadinya pemeliharaan yang tidak terencana.

3. Mengetahui kinerja peralatan pembangkit listrik dengan penilaian *Key Performance Indicator* manajemen keandalan.

#### 1.4. Manfaat penelitian.

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Menjelaskan teknik analisis risiko FMEA dalam mengidentifikasi kerusakan peralatan pembangkit listrik.
2. Menjelaskan teknik pengukuran keefektifan dari manajemen risiko berupa *maturity level*.
3. Memberikan pemahaman mengenai arti penting pemeliharaan prediktif pada pembangkit listrik dan memaksimalkan fungsi pemeliharaan yang terencana.

#### 1.5. Batasan masalah

Penelitian ini dilakukan dengan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Penelitian meliputi identifikasi risiko pada 10 besar dari aset yang memiliki tingkat kritikal yang paling tinggi sesuai dengan hasil *Risk Priority Number* (RPN) yang menjadi pedoman dalam kegiatan pemeliharaan.
2. Risiko yang diteliti adalah risiko yang berkenaan dengan keandalan peralatan dalam operasional sehari-hari.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB 2

### KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan mengenai kajian pustaka dari manajemen risiko yang berbasis pada ISO 31000, *Failure Mode and Effect Analysis*, serta manajemen pemeliharaan pada pembangkit listrik yang dikelola oleh PT PJB Services.

#### 2.1. Konsep manajemen risiko.

Setiap aktivitas organisasi, apapun jenis dan seberapa besarnya, pasti menghadapi berbagai risiko yang dapat mempengaruhi pencapaian sasaran organisasi. Sasaran organisasi terdiri dari berbagai aspek, baik sasaran strategis, operasional, finansial, pembentukan citra organisasi maupun segala yang hendak dicapai organisasi tersebut. Manajemen risiko membantu proses pengambilan keputusan dengan memperhatikan hal-hal yang dapat mempengaruhi pencapaian sasaran organisasi. Manajemen risiko juga memberikan pertimbangan mengenai tindakan yang harus diambil guna menangani berbagai risiko tersebut.

Manajemen risiko adalah identifikasi, penilaian, dan prioritas risiko diikuti oleh sumber daya aplikasi terkoordinasi dan ekonomis untuk meminimalkan, memantau, dan mengendalikan kemungkinan dan/atau dampak dari suatu peristiwa (Hubbard, 2009). Tujuan manajemen risiko adalah untuk menjamin ketidakpastian sehingga tidak menyimpang dari tujuan organisasi.

Potensi terjadinya risiko dapat diidentifikasi sebelum terjadinya kegagalan atau sebelum dimulainya suatu proyek. Oleh karena itu diperlukan manajemen risiko yang mencoba untuk mengenali dan mengelola potensi dari titik masalah yang tidak terduga yang mungkin terjadi saat proyek tersebut dilaksanakan. Manajemen risiko mengidentifikasi sebanyak mungkin kejadian risiko mungkin terjadi dan meminimalkan dampaknya.

Proses perencanaan manajemen risiko terdiri dari beberapa tahapan yaitu tahap identifikasi risiko, analisis/penilaian risiko, proses pengembangan risiko, dan pengendalian risiko.



## 2.2. Manajemen risiko berbasis ISO 31000.

ISO 31000 merupakan program standarisasi, instruksi dan tuntunan bagi sebuah organisasi dalam membangun suatu kerangka kerja dan sasaran organisasi yang berkaitan dengan proses manajemen risiko. Manajemen risiko membantu proses pengambilan keputusan dengan memperhatikan hal-hal di luar dugaan yang dapat mempengaruhi pencapaian sasaran organisasi. Pelaksanaan proses manajemen risiko dalam suatu organisasi merupakan proses yang sistematis dan logis dalam:

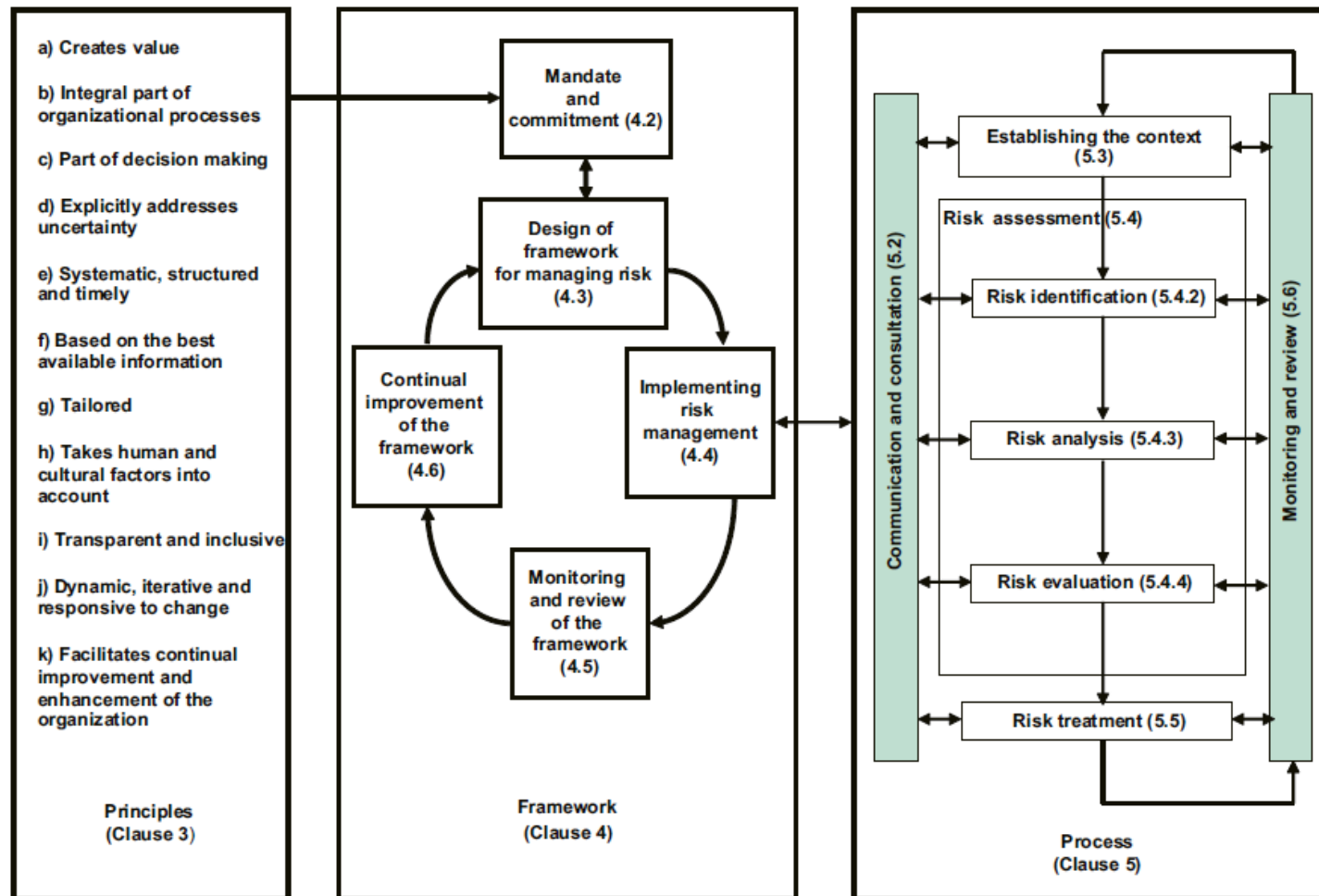
- Melaksanakan komunikasi dan konsultasi sepanjang proses penanganan risiko.
- Menentukan lingkup kegiatan.
- Melakukan identifikasi, analisis, evaluasi dan perlakuan terhadap risiko yang terkait dengan kegiatan, poses, fungsi, proyek, produk atau jasa organisasi tersebut.
- Memantau dan meninjau kembali risiko-risiko yang diidentifikasi.
- Melaksanakan dokumentasi dan pelaporan pelaksanaan proses serta hasilnya.

Dalam ISO 31000 terdapat tiga komponen utama dalam proses manajemen risiko, pertama prinsip-prinsip manajemen risiko, kedua kerangka manajemen risiko, ketiga proses manajemen risiko. Hubungan ketiga komponen tersebut dilihat pada Gambar 2.1.

Implementasi ISO 31000 dalam pengelolaan risiko secara terintegrasi dan dengan tahapan yang jelas, dengan tujuan agar perusahaan dapat mengelola risikonya dengan melihat hubungan antar risiko yang dapat menghambat tujuan perusahaan, dan dapat menciptakan dan menambah nilai bagi perusahaan, yang menjadi salah satu prinsip dari ISO 31000. Terdapat 11 prinsip dalam ISO 31000 yaitu:

1. Menciptakan nilai. Manajemen risiko berkontribusi dalam pencapaian sasaran dan perbaikan kinerja perusahaan. Misalnya dalam hal kepatuhan terhadap hukum dan peraturan, kinerja keuangan, dan reputasi perusahaan.
2. Manajemen risiko menjadi bagian yang menyatu pada seluruh proses perusahaan. Manajemen risiko merupakan tanggung jawab manajemen, dan bukanlah merupakan aktivitas yang berdiri sendiri yang terpisah dari aktivitas utama dalam perusahaan.

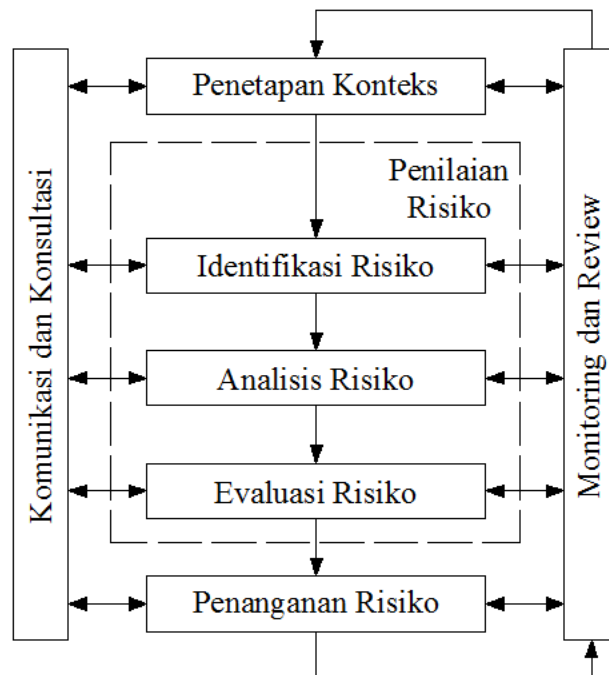
3. Manajemen risiko adalah bagian dari sistem pengambilan keputusan. Manajemen risiko membantu pengambil keputusan membuat pilihan informasi, memprioritaskan tindakan dan membedakan antara program alternatif tindakan.
4. Manajemen risiko mempertimbangkan ketidakpastian yang mempengaruhi dalam pencapaian sasaran perusahaan. Manajemen risiko menangani aspek-aspek ketidakpastian dalam pengambilan keputusan, sifat alami dari ketidakpastian tersebut, dan bagaimana penanganannya.
5. Manajemen risiko bersifat sistematis, terstruktur, dan tepat waktu. Manajemen risiko memiliki kontribusi terhadap efisiensi dan hasil yang konsisten, dapat dibandingkan serta andal.
6. Manajemen risiko berdasarkan data informasi yang terbaik. Rekomendasi penanganan risiko didasarkan pada sumber informasi seperti pengalaman, pengamatan, dan pertimbangan pakar.
7. Manajemen risiko disesuaikan dengan kondisi perusahaan. Manajemen risiko disesuaikan dengan bentuk perusahaan dan kebutuhannya.
8. Manajemen risiko memperhitungkan faktor manusia dan budaya di dalam perusahaan. Manajemen risiko dalam suatu perusahaan memperhitungkan kemampuan, pandangan, dan tujuan pihak-pihak yang berkaitan dengan perusahaan baik internal maupun eksternal yang dapat menghambat tercapainya tujuan perusahaan.
9. Manajemen risiko bersifat transparan, diperbarui, dan inklusif. Semua pemangku kepentingan dalam perusahaan dilibatkan dalam proses manajemen risiko, sehingga manajemen risiko tetap relevan dan mengikuti perkembangan jaman.
10. Manajemen risiko bersifat dinamis, iteratif, dan tanggap terhadap perubahan. Dengan adanya peristiwa internal dan eksternal, perubahan pengetahuan, serta diterapkannya pemantauan dan peninjauan, risiko baru bermunculan, risiko yang sudah ada dapat berubah atau hilang. Maka perusahaan harus memastikan bahwa manajemen risiko terus menerus memantau dan menanggapi perubahan.



Gambar 2.1 Hubungan antara prinsip manajemen risiko, kerangka dan proses (ISO 31000, 2009)

11. Manajemen risiko mengupayakan tindak perbaikan berkelanjutan dalam perusahaan. Perusahaan harus mengembangkan dan mengimplementasikan strategi untuk memperbaiki kematangan manajemen risiko mereka beserta aspek-aspek lainnya dalam perusahaan.

*Risk Management Principles and Guidelines*, ISO 31000 (2009) menjelaskan bahwa semua organisasi menghadapi ketidakpastian, dan dampak dari ketidakpastian yang dapat mempengaruhi pencapaian tujuan organisasi adalah risiko. Agar tujuan perusahaan dapat tercapai maka risiko yang muncul karena ketidakpastian harus dapat dikelola dengan baik. Proses pengelolaan risiko berdasarkan ISO 31000 adalah pada Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Proses pengelolaan manajemen risiko (ISO 31000, 2009)

#### 1. Komunikasi dan konsultasi.

Komunikasi dan konsultasi pada pihak pemangku kepentingan baik internal maupun eksternal yang dilakukan pada setiap tahap proses manajemen risiko dengan mempertimbangkan keutuhan seluruh proses manajemen risiko.

Fungsi dari pendekatan komunikasi dan konsultasi yaitu:

- Membantu menetapkan konteks dengan tepat.

- Membantu memahami keinginan dari *stakeholder*
- Membantu mengidentifikasi risiko
- Berbagai bidang keahlian bersama-sama untuk menganalisis risiko
- Mempertimbangkan perbedaan pandangan secara tepat ketika menentukan kriteria dan mengevaluasi risiko
- Peningkatan perubahan manajemen yang tepat selama proses manajemen risiko.

## 2. Penetapan konteks

Konteks manajemen risiko disusun dengan mempertimbangkan kondisi dan kemampuan internal dan eksternal organisasi untuk implementasi manajemen risiko secara keseluruhan nantinya. Pada tahap ini juga disusun kriteria evaluasi dan struktur analisa risiko yang akan dikembangkan pada organisasi.

## 3. Penilaian Risiko.

### a. Identifikasi Risiko.

Identifikasi risiko adalah proses menentukan risiko dan mengetahui karakteristik operasi yang dapat mempengaruhi kegiatan operasional perusahaan. Tujuan dari identifikasi untuk menghasilkan daftar risiko berdasarkan kejadian yang menghambat pencapaian tujuan.

Suatu perusahaan harus mengidentifikasi sumber-sumber risiko, dampak, penyebab, dan konsekuensinya dan harus menerapkan alat-alat identifikasi risiko dan teknik yang cocok sesuai tujuan, kemampuan, dan risiko yang dihadapi.

Hasil dari identifikasi risiko dibuat dalam bentuk dokumen daftar risiko dimana hasil analisis risiko dan perencanaannya tercatat. Dokumen ini berisi hasil dari proses manajemen risiko sehingga tingkat dan jenis informasi terkandung dalam daftar risiko yang selalu diperbarui dari waktu ke waktu. Daftar risiko terdiri dari informasi sebagai berikut :

- Daftar identifikasi risiko, yang menjabarkan detail dari risiko.

- Daftar respon potensial, yang dapat diidentifikasi selama proses identifikasi risiko itu berlangsung yang menjadi dasar untuk proses perencanaan risiko.

#### b. Analisis Risiko

Analisis risiko adalah proses memprioritaskan risiko yang berguna untuk analisis lebih lanjut atau tindakan untuk menilai dan menggabungkan segala kemungkinan yang akan terjadi dan dampaknya. Manfaat dari proses ini adalah untuk mengurangi tingkat ketidakpastian dan untuk fokus pada risiko yang memiliki prioritas tinggi. Analisis risiko melibatkan pertimbangan dari penyebab dan sumber risiko, konsekuensi positif dan negatif, dan kemungkinan bahwa konsekuensi yang dapat terjadi. Faktor-faktor yang mempengaruhi konsekuensi dan kemungkinan harus diidentifikasi.

Analisis risiko dapat dilakukan dengan metode kualitatif, yaitu proses memprioritaskan risiko untuk analisis lebih lanjut atau tindakan dengan menilai dan menggabungkan terhadap kemungkinan terjadinya dan dampaknya. Manfaat utama dari proses ini yaitu untuk mengurangi tingkat ketidakpastian dan untuk fokus pada risiko yang memiliki prioritas tinggi. Melakukan analisis risiko kualitatif dengan cara menilai prioritas risiko yang teridentifikasi dengan menggunakan kemungkinan terjadinya risiko, dampak terhadap visi misi perusahaan apabila risiko itu terjadi.

#### c. Pengukuran dan evaluasi risiko.

Setelah risiko diidentifikasi, tahap berikutnya adalah mengukur risiko. Jika risiko bisa diukur, maka dapat dilihat tinggi rendahnya risiko yang dihadapi oleh perusahaan. Kemudian dapat melihat dampak dari risiko tersebut terhadap kinerja perusahaan, sekaligus dapat melakukan prioritas risiko. Pengukuran risiko biasanya dilakukan melalui kuantifikasi risiko. Pengukuran dan kuantifikasi risiko sangat tergantung dari karakteristik risiko tersebut.

#### 4. Perlakuan Risiko.

Setelah suatu risiko diidentifikasi dan dianalisis, maka tindak lanjut dari risiko itu harus ditentukan dan dikelola dengan beberapa alternatif yaitu penghindaran risiko, pengendalian risiko, penanggungan atau penahanan

risiko, atau dengan cara pengalihan risiko. Perusahaan dapat memilih salah satu alternatif tersebut atau menggabungkan beberapa alternatif itu. Jika memilih untuk menggunakan beberapa alternatif, maka organisasi harus menentukan kombinasi alternatif pengelolaan risiko yang optimal.

a. Penanggungan atau penahanan risiko.

Manajemen risiko ini perusahaan menanggung sendiri risiko yang muncul. Jika risiko terjadi, maka perusahaan tersebut harus menyediakan dana untuk menanggung risiko tersebut. Penahanan risiko dapat terjadi secara terencana dan tidak terencana. Jika suatu perusahaan mengevaluasi risiko-risiko yang ada, kemudian memutuskan untuk menahan sebagian atau seluruh risiko, maka perusahaan tersebut menahan risiko dengan terencana. Pada situasi lain, perusahaan tidak sadar akan adanya risiko yang dihadapinya dan perusahaan tersebut tidak melakukan apa-apa. Dalam situasi tersebut perusahaan menahan risiko dengan tidak terencana. Sebagai contoh suatu perusahaan yang membuat produk tertentu tetapi tidak menyadari bahwa produk tersebut dapat memunculkan risiko gugatan oleh konsumen terhadap perusahaan. Sehingga perusahaan tersebut secara tidak terencana menahan risiko gugatan tersebut.

b. Pengalihan risiko.

Alternatif lain dari manajemen risiko adalah memindahkan risiko ke pihak lain. Pihak lain tersebut biasanya mempunyai kemampuan yang lebih baik untuk mengendalikan risiko, baik karena skala ekonomi yang lebih baik sehingga dapat menghadapi risiko lebih baik, atau karena mempunyai keahlian untuk melakukan manajemen risiko yang lebih baik. Pengalihan risiko dapat dilakukan melalui beberapa cara menerima risiko, mengurangi, memindahkan maupun menghindari risiko itu.

c. Asuransi.

Asuransi merupakan metode pengalihan risiko yang paling umum, khususnya untuk risiko murni. Asuransi adalah kontrak perjanjian antara yang diasuransikan (*insured*) dan perusahaan asuransi (*insurer*), dimana *insurer* bersedia memberikan kompensasi atas kerugian yang dialami pihak

yang diasuransikan, dan pihak pengasuransi memperoleh premi asuransi sebagai balasannya.



Gambar 2.3 Ilustrasi pengalihan risiko

#### d. *Hedging*.

*Hedging* atau lindung nilai pada dasarnya mentransfer risiko kepada pihak lain yang lebih bisa mengelola risiko lebih baik melalui transaksi instrumen keuangan. Dengan demikian cara kerja *hedging* mirip dengan asuransi yaitu jika mendapatkan kerugian karena risiko tertentu, maka memperoleh kompensasi dari kontrak lainnya. Jika di asuransi, asuransi diberikan oleh perusahaan asuransi. Sedangkan untuk *hedging* dengan instrumen derivatif, kompensasi diberikan oleh pihak lain (*counter party*) yang menjual kontrak derivatif tersebut.

#### e. *Incorporated*.

*Incorporated* atau membentuk perseroan terbatas merupakan alternatif transfer risiko, karena kewajiban pemegang saham dalam perseroan terbatas hanya terbatas pada modal yang disetorkan. Kewajiban tersebut tidak akan sampai ke kekayaan pribadi.

### 5. Pengawasan dan Pengendalian

Pengawasan dan pengendalian harus menjadi bagian dari rencana proses manajemen risiko dengan cara melakukan pemeriksaan atau pengawasan



secara periodik. Proses pengawasan dan pengendalian harus mencakup semua aspek manajemen risiko dengan tujuan untuk:

- memastikan bahwa pengendalian dilakukan secara efektif dan efisien baik dalam desain dan operasi.
- memperoleh informasi lebih lanjut untuk meningkatkan penilaian risiko.
- menganalisis dan mempelajari dari peristiwa, perubahan, tren, keberhasilan maupun kegagalan.
- mendeteksi perubahan dalam konteks eksternal dan internal, termasuk perubahan kriteria risiko dan risiko itu sendiri yang dapat memberikan perbaikan dari pengawasan dan pengendalian risiko.
- mengidentifikasi risiko yang muncul.

Proses dalam implementasi rencana perlakuan risiko diukur dalam ukuran kinerja. Hasilnya dapat dimasukkan ke dalam manajemen kinerja pada keseluruhan organisasi. Hasil dari pemantauan dan kajian harus dicatat dan dilaporkan, dan juga dapat digunakan sebagai masukan untuk kerangka kerja manajemen risiko.

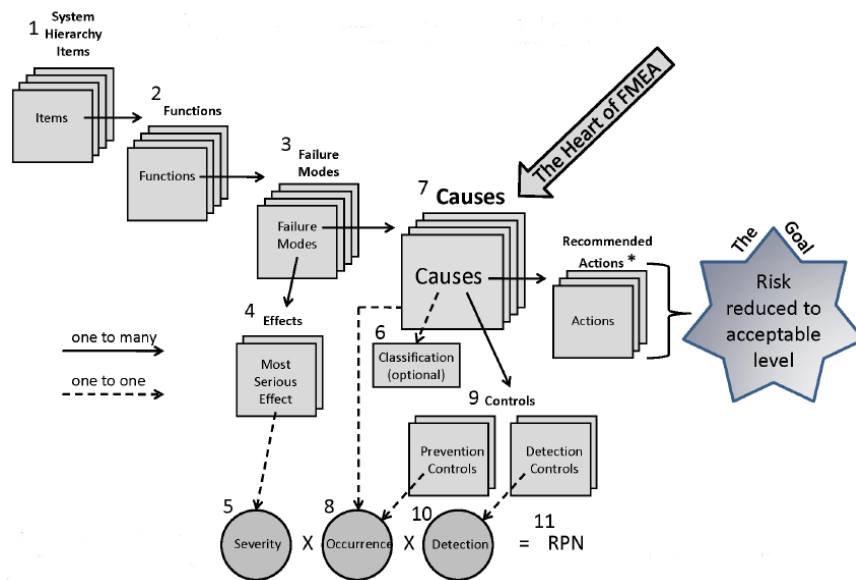
### 2.3. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).*

Dalam mengupayakan tindak perbaikan berkelanjutan, perusahaan harus mengembangkan dan mengimplementasikan strategi untuk memperbaiki kematangan manajemen risiko mereka beserta aspek-aspek lainnya dalam perusahaan. Proses identifikasi penyebab terjadinya risiko operasional pada pembangkit listrik digunakan alat yang dapat mengidentifikasi, analisis dan evaluasi risiko dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. FMEA adalah metode penilaian risiko yang lebih fokus pada kegagalan dan menggunakan skala-skala tertentu dalam melakukan penilaian risiko (kurniawan, 2013). Metode FMEA dapat memprioritaskan masalah dan memberikan cara untuk memperkecil kemungkinan terjadinya atau munculnya masalah tersebut. FMEA ini disusun terhadap asset yang memiliki nilai ranking atau prioritas tertinggi dari proses penyusunan peringkat keandalan peralatan.

Pada metode FMEA terdapat terdapat elemen-elemen dalam analisis risiko kerusakan peralatan yaitu (Carlson, 2012):

- a. *Failure Mode* / Mode Kegagalan : Semua kegagalan yang pernah terjadi dan potensi kegagalan yang mungkin akan terjadi dari suatu komponen peralatan.
- b. *Failure Effect* / Dampak Kegagalan : Dampak dari mode kegagalan yang telah didaftarkan, baik dampak terhadap peralatan itu sendiri maupun dampak terhadap unit.
- c. *Failure Cause* / Penyebab Kegagalan : Penyebab dari mode kegagalan yang telah didaftarkan dimana penyebab ini sifatnya pasti dan merupakan kemungkinan besar jika penyebab kegagalan ini dihilangkan maka mode kegagalan diatas tidak akan terjadi kembali.
- d. Prioritas risiko digunakan untuk tindakan korektif yang akan dilakukan.
- e. *Failure Defense Task* (FDT) : *Task* yang dihasilkan untuk mengatasi, menghilangkan dan meminimalisasi terhadap kemungkinan mode kegagalan yang telah didapatkan dan dapat berupa pemeliharaan terencana (pemeliharaan prefentif, pemeliharaan prediktif, overhaul dan pemeliharaan proaktif) dan pemeliharaan tidak terencana (pemeliharaan korektif).

Prosedur menyusun FMEA yaitu masing-masing analisis FMEA harus dijabarkan secara jelas dan detail untuk setiap langkah-langkah pembuatan FMEA. Langkah-langkah yang saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya dapat dilihat pada Gambar 2.4 yang menjelaskan hubungan antara berbagai elemen FMEA.

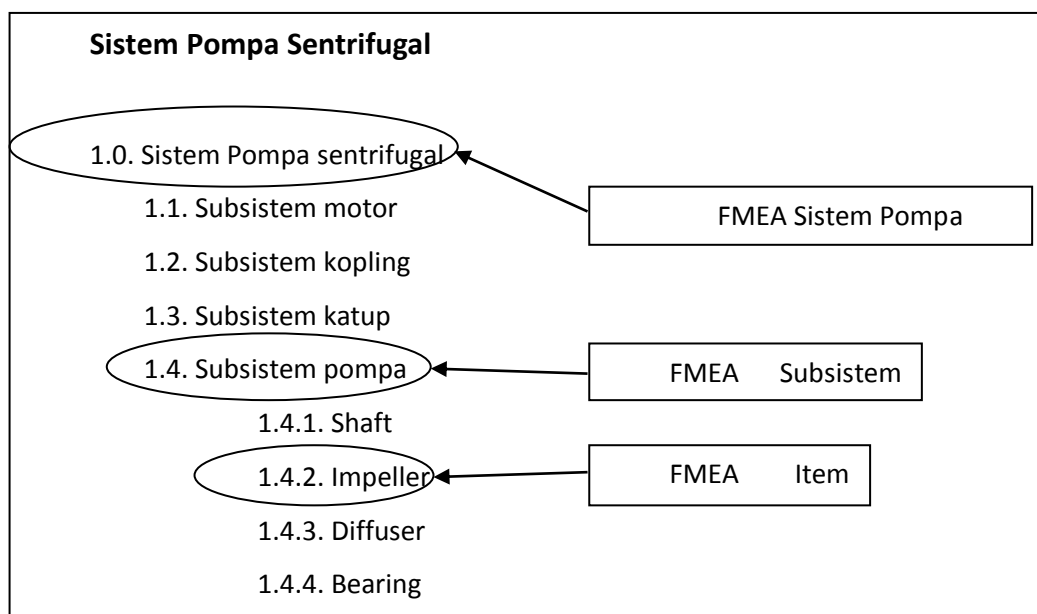


Gambar 2.4 Hubungan antara berbagai elemen FMEA (Carlson, 2012)

Tahapan menyusun FMEA yaitu sebagai berikut :

1. Nama peralatan.

Langkah pertama yaitu menentukan peralatan yang akan dinilai dengan menggunakan prosedur FMEA. Item merupakan bagian yang spesifik dari sebuah sistem manufaktur atau sistem proses yang akan dianalisis. Gambar 2.5 menunjukkan contoh identifikasi pada sistem pompa sentrifugal.



Gambar 2.5 Contoh identifikasi Item dalam disain sistem FMEA (Carlson, 2012)

2. Fungsi, menentukan fungsi dari item atau proses yang ditentukan.
3. *Failure Mode*.

Istilah *Failure Mode* atau mode kegagalan berasal dari dua kata yang memiliki arti sendiri-sendiri. *Failure* didefinisikan sebagai tindakan menghentikan fungsi atau keadaan tidak berfungsi (*Oxford English Dictionary*). *Mode* didefinisikan sebagai cara dimana sesuatu terjadi. *Failure Mode* didefinisikan sebagai cara suatu peralatan atau kondisi operasi yang berpotensi untuk gagal pada saat memberikan fungsi yang dimaksud. Keadaan yang gagal tersebut dapat mencakup kegagalan untuk melakukan fungsi dalam batas yang ditentukan, kinerja peralatan yang tidak memadai atau tidak berfungsi atau melakukan fungsi yang tidak diinginkan.

4. Dampak

Dampak adalah konsekuensi dari kegagalan pada suatu sistem. Tiap mode kegagalan dapat memberikan lebih dari satu efek. Langkah ini merupakan identifikasi akibat (*potential effect*) yang ditimbulkan dari mode kegagalan.

5. *Severity Ranking*.

*Severity* merupakan penilaian seberapa serius dampak dari mode kegagalan/kesalahan akibat susut dan pengaruhnya terhadap fungsi peralatan.

6. Mengidentifikasi penyebab.

Mengidentifikasi penyebab (*potential cause*) dari mode kegagalan yang terjadi pada proses produksi tersebut.

7. Menentukan nilai *Occurance*.

*Occurance* menunjukkan nilai keseringan/frekuensi suatu masalah yang terjadi karena munculnya mode kegagalan tersebut.

8. Menentukan nilai *Detection*.

Menetapkan nilai *Detection*, dimana *detection* menggambarkan seberapa mampu proses kontrol selama ini untuk mendeteksi ataupun mencegah terjadinya mode kegagalan atau kerugian akibat kerusakan.

9. Menentukan *Risk Priority Number* (RPN).

Nilai RPN merupakan peringkat risiko untuk setiap mode kegagalan yang didapatkan dengan mengalikan tiga elemen yaitu nilai *severity*,

*occurrence*, dan *detection*. Tujuan menentukan nilai RPN untuk membantu penggolongan FMEA memprioritaskan pelaksanaan pemeliharaan terhadap suatu peralatan yang vital.

## 2.4. Manajemen pemeliharaan pada pembangkit listrik.

### 2.4.1. Manajemen keandalan.

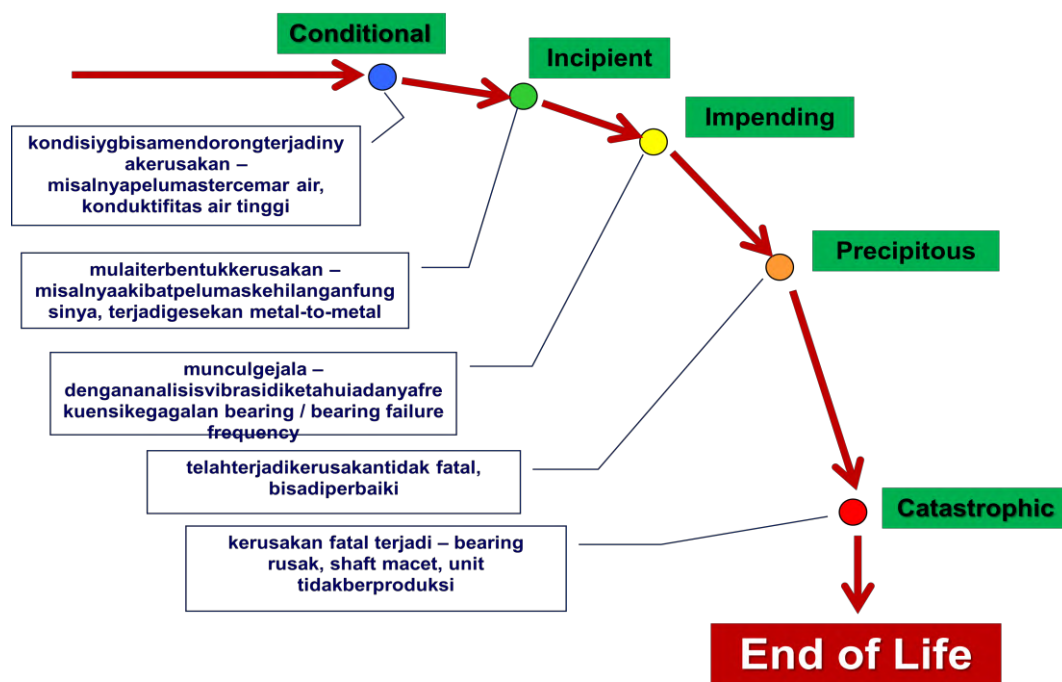
Keandalan merupakan kemungkinan suatu peralatan untuk melakukan fungsinya dengan baik pada suatu periode waktu tertentu dan digunakan sesuai dengan spesifikasi peralatan tersebut (Dhillon, 2006). Manajemen keandalan bertujuan untuk menjamin tidak terjadinya kegagalan pada seluruh peralatan saat dioperasikan, tidak mengalami *derating* (penurunan daya mampu kapasitas pembangkit listrik), dengan biaya optimum, dengan meminimalkan atau menghilangkan kegagalan dan penyebabnya, serta melakukan optimasi. Dasar-dasar dari dibentuknya manajemen keandalan pembangkit listrik yaitu :

- Tiap komponen dan peralatan pembangkit listrik mempunyai kombinasi modus dan tingkat kegagalan yang unik.
- Tiap kombinasi komponen juga unik, dan kegagalan satu komponen dapat menyebabkan komponen lainnya gagal.
- Tiap sistem beroperasi pada lingkungan berdasarkan lokasi, ketinggian, kedalaman, atmosfer, tekanan, temperatur, kelembaban, kecepatan, percepatan dan sebagainya.

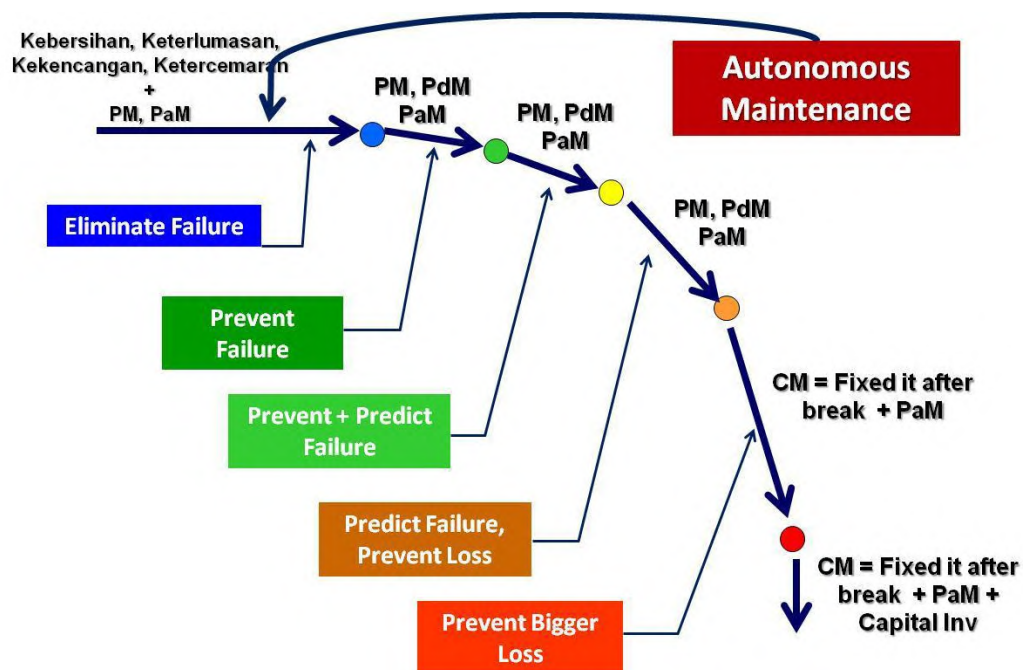
Manajemen keandalan mengidentifikasi kegagalan fungsi melalui monitoring sebelum kegagalan itu terjadi, kemudian mencegah kegagalan mana yang membutuhkan penanganan segera, atau diintervensi dengan pemeliharaan berdasarkan waktu, mengembangkan pengujian terhadap potensi kegagalan dan mengindikasikan apakah dibutuhkan desain *re-engineering*.

Manajemen keandalan juga merupakan proses untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi secara maksimal dengan biaya serendah-rendahnya. Peningkatan keandalan merupakan kebutuhan sangat penting dalam meningkatkan daya saing dan nilai pembangkit.

Definisi kegagalan fungsi adalah ketidakmampuan suatu sistem untuk memenuhi fungsi seperti yang diinginkan. Tahapan kegagalan fungsi dapat dilihat pada Gambar 2.6. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa kerusakan mesin bersifat bertahap dan tidak langsung terjadi kegagalan. Oleh karena itu, pemeliharaan yang tepat harus dilakukan pada tiap fasenya sehingga umur peralatan bisa dipertahankan lebih lama. *Best practices* menyebutkan tipe pemeliharaan yang tepat pada tiap fase seperti dijelaskan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.6 Tahapan kegagalan fungsi (PPA, 2013)



Gambar 2.7 Strategi pemeliharaan (PPA, 2013)

#### 2.4.2. Filosofi pemeliharaan mesin.

Pemeliharaan di dalam industri telah berkembang dari pemeliharaan korektif menjadi pemeliharaan berkala yang berdasarkan waktu (pemeliharaan prefentif). Sekarang, pola pemeliharaan yang paling populer adalah pemeliharaan prediktif dan pemeliharaan proaktif. (Scheffer, 2004).

##### a. Pemeliharaan korektif.

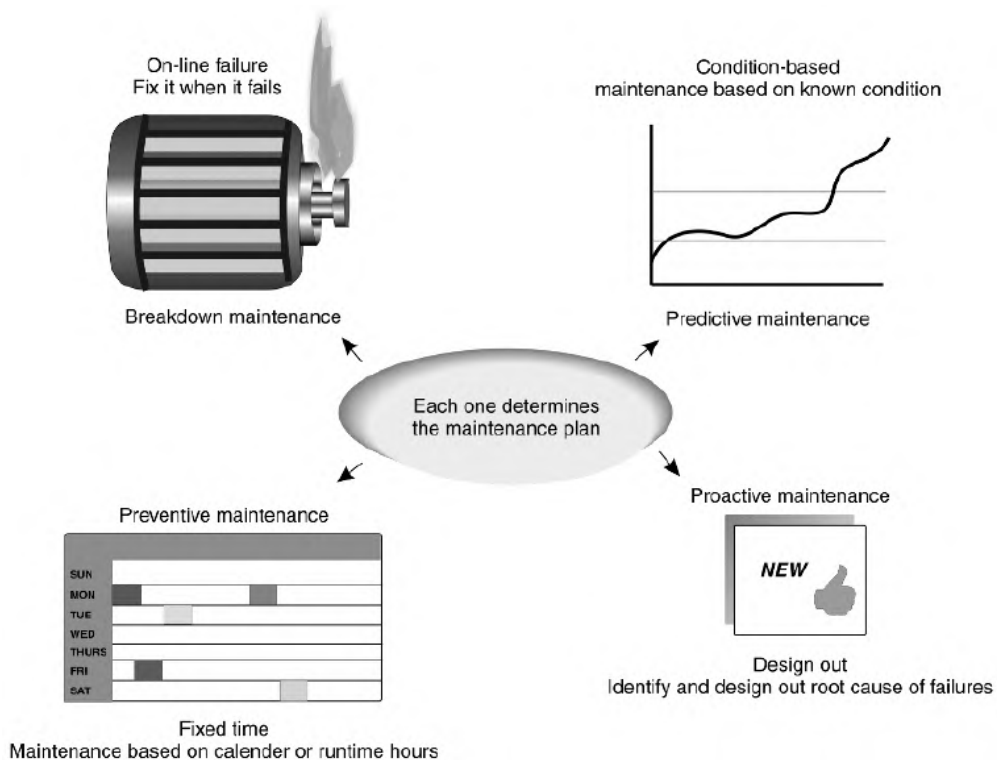
Dasar dari filosofi pemeliharaan korektif adalah untuk menjalankan mesin hingga terjadinya kegagalan dan hanya diperbaiki dan mengganti komponen yang rusak sebelum atau ketika peralatan telah rusak. Pemeliharaan ini berguna apabila kerusakan peralatan tidak mempengaruhi sistim produksi yang lain. Kerugian dari pemeliharaan ini yaitu kegiatan pemeliharaan yang tidak terencana dan memerlukan persediaan besar suku cadang dan biaya yang relatif tinggi. Walaupun banyak kemajuan teknis di era modern, metode pemeliharaan korektif masih dapat ditemukan dan dapat diterapkan pada kasus-kasus tertentu.

b. Pemeliharaan preventif berdasarkan waktu.

Filosofi dari pemeliharaan preventif adalah dengan menjadwalkan kegiatan pemeliharaan pada interval waktu yang telah ditentukan. Perbaikan dan penggantian peralatan yang rusak dilakukan sebelum kerusakan itu terjadi. Kelemahan dari jenis pemeliharaan ini yaitu kegiatan pemeliharaan dilakukan terlalu dini atau terlambat. Tanpa adanya bukti kegagalan fungsi, komponen diganti ketika masih berfungsi dengan baik.

c. Pemeliharaan prediktif.

Trend pemeliharaan pada saat ini sudah mengarah pada pekerjaan yang sifatnya mengacu pada kondisi peralatan, bukan sekedar yang didasari pada waktu pemeliharaan (*time based*) yang biasanya direkomendasikan oleh pabrikan. Maka dikenal istilah *predictive maintenance* (PdM), yang merupakan proses pengenalan kerusakan peralatan sebelum peralatan tersebut benar-benar rusak. Peran PdM cukup penting untuk menentukan keberhasilan pemeliharaan pada umumnya. Tujuan dari kegiatan pemeliharaan prediktif yaitu untuk meningkatkan MTBF (*Mean Time Between Failure*).



Gambar 2.8 Filosofi pemeliharaan (Scheffer, 2004)



Langkah pertama dalam implementasi PdM adalah penyiapan struktur organisasi. Setelah struktur organisasi ada, yang perlu dilakukan selanjutnya adalah penugasan orang yang tepat untuk menduduki posisi sebagai tim PdM. Tim yang dimaksud diharapkan yang berasal dari masing-masing kompetensi keahlian yang terkait. Penempatan personal juga disesuaikan dengan peralatan yang dimiliki. Beberapa teknologi yang biasa digunakan dalam implementasi PdM adalah sebagai berikut :

#### 1. Vibrasi

Semua mesin yang berputar pasti mengeluarkan vibrasi dengan nilai bervariasi. Besaran maupun tipe vibrasi dapat menunjukkan tingkat kesehatan peralatan. Pada awal terjadinya kerusakan, sinyal vibrasi yang ditunjukkan peralatan sangat kecil dan tidak bisa ditangkap dengan indera manusia. Adanya alat ukur vibrasi berfungsi untuk mendeteksi sinyal tersebut sehingga secara dini kerusakan dapat diketahui dan strategi eksekusi dapat ditentukan secara tepat.

#### 2. *Infra Red (IR) Thermography*

Teknologi ini memungkinkan untuk mengetahui temperatur suatu objek dan memproyeksikannya dalam sebuah foto citra. *IR thermography* banyak digunakan pada peralatan-peralatan elektrik, terutama pada terminal dan sambungan listrik. Jika ada sambungan listrik yang kendur (*loss contact*), akan terjadi loncatan arus yang menghasilkan panas. Dari sini *IR thermography* berperan mendeteksi kelainan pada sistem elektrik tersebut. Teknologi ini banyak diaplikasikan pada *disconnecting switch* (DS), trafo utama, *switch gear*, panel, dan terminal motor.

#### 3. *Motor Current Signature Analysis (MCSA)*

Salah satu teknologi yang telah cukup dikenal luas di dunia industri untuk pemeliharaan prediktif pada motor adalah *Motor Current Signature Analysis* (MCSA). Alat ini berfungsi untuk menganalisa perubahan energi pada motor melalui pengukuran arus listrik motor tersebut.

#### 4. Analisis kualitas oli.

Dalam dunia pemeliharaan prediktif dikenal *tribology*, yaitu kegiatan pemeliharaan yang fokus pada analisis kerusakan peralatan dari pengamatan

data kualitas minyak. Data yang dimaksud adalah spesifikasi minyak terpakai (*used oil*) dibanding dengan minyak baru (*fresh oil*), tingkat kebersihan (*cleanliness*), perubahan komposisi kimia, dan beberapa parameter lain.

#### 5. *Dissolved Gas Analysis* (DGA)

DGA berfungsi mendeteksi adanya indikasi kegagalan fungsi pada trafo yang tidak mampu dikenali oleh peralatan uji elektrik. Cara kerja DGA didasari bahwa minyak trafo akan mengeluarkan gas bila mengalami kelainan. Jenis gas yang dilepaskan berbeda-beda sesuai jenis kerusakannya. Dengan menganalisis gas yang timbul, kerusakan pada trafo dapat dideteksi sedini mungkin.

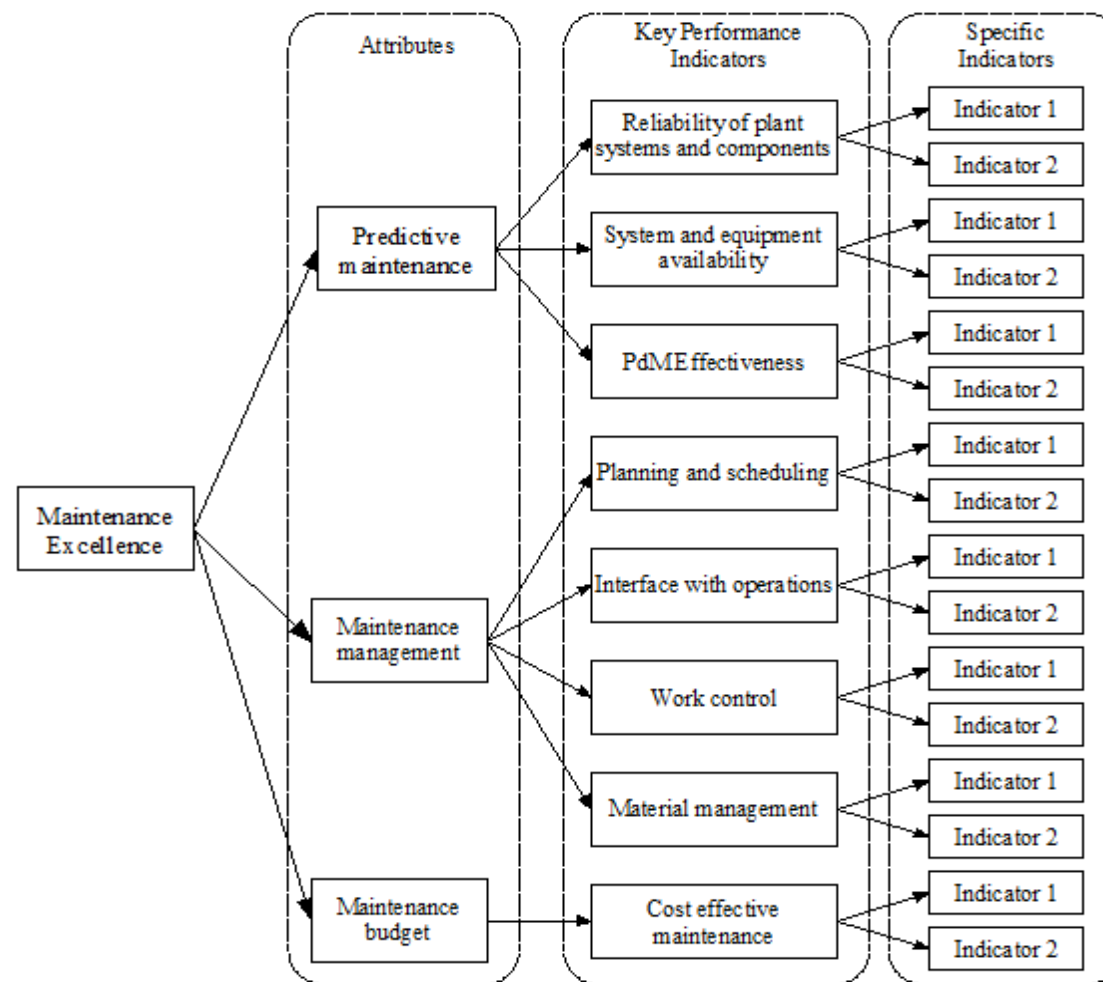
#### 2.4.3. Pemantauan efektivitas pemeliharaan dengan menggunakan indikator hasil pencapaian (*performance indicators*).

Fungsi dari program pemeliharaan adalah untuk mempertahankan dan mengembalikan keamanan, keandalan dan kesiapan dari struktur, sistem dan peralatan pembangkit listrik agar selalu beroperasi dengan handal dan aman (Vaisnys, 2006). Untuk memantau pencapaian pemeliharaan yang efektif digunakan indikator pencapaian pemeliharaan yang terukur.

*Key Performance Indicators* (KPI) digunakan untuk memberikan evaluasi menyeluruh dari semua aspek pencapaian pemeliharaan secara terukur. Kerangka kerja yang diberikan untuk pemantauan pencapaian kinerja pemeliharaan seperti pada Gambar 2.9.

Dalam menentukan indikator kinerja, hal yang perlu menjadi pertimbangan yaitu indikator kinerja tersebut dapat diterapkan pada pembangkit dan searah dengan visi dan misi perusahaan. Tahapan dalam menentukan indikator itu yaitu:

1. Memilih indikator yang sesuai dengan kinerja pembangkit listrik
2. Menjabarkan indikator berdasarkan pada kondisi operasional yang ada
3. Menentukan arah dan tujuan dari pemeliharaan tersebut.
4. Membentuk manajemen data pemeliharaan.
5. Analisis dan rekomendasi yang didukung dan keterlibatan dari organisasi.



Gambar 2.9. Kerangka kerja indikator pencapaian kinerja pemeliharaan (Vaisnys, 2006)

Untuk mengukur perkembangan implementasi PdM maka digunakan kerangka kerja seperti pada gambar 2.9 sehingga didapatkan parameter KPI pemeliharaan prediktif sebagai berikut:

a. Atribut pemeliharaan prediktif.

Pada atribut pemeliharaan prediktif meliputi KPI yaitu:

1. *Setting up* database PdM

*Setting up* database PdM berdasarkan matriks peralatan dan teknologi yang diterapkan dan peringkat prioritas pemeliharaan yang telah disusun.

2. Pengukuran

Pengamatan kondisi peralatan (level vibrasi, kondisi pelumasan, panas, impurities) dan pengukuran dengan menggunakan peralatan yang tepat seperti alat pengamatan vibrasi, *tribology*, *IR thermography*.

3. Analisis dan rekomendasi

Analisa dari data yang terkumpul dan seluruh kondisi yang mempengaruhi operasi peralatan pembangkit dengan memberikan rekomendasi kepada bidang operasional

4. Tindak lanjut

Pengukuran hasil PdM dibuat rekomendasi dan tindak lanjut yang berguna untu meningkatkan kehandalan unit.

b. Atribut manajemen pemeliharaan.

Pada atribut manajemen pemeliharaan meliputi KPI yaitu:

1. Jadwal monitoring

Menentukan jadwal pelaksanaan kegiatan PdM, termasuk jam kerja petugas dan peralatannya.

2. Persiapan teknis lapangan

Persiapan teknis lapangan meliputi identifikasi dan persiapan pelaksana pekerjaan orang, alat ukur dan metode yang digunakan.

3. Manajemen data

Penanganan data-data kondisi peralatan secara *computerized* dari data pengukuran dan data lainnya, termasuk didalamnya membuat trend data, laporan dan *warning system*.

c. Atribut *maintenance budget*.

Pada atribut *maintenance budget* menentukan KPI *Cost benefit analysis* yang meliputi perhitungan aspek teknik untuk masing-masing alternatif rekomendasi, perhitungan biaya yang dapat dihemat dari setiap alternatif penyelesaian masalah, dan analisis risiko.

## 2.5. Profil PT. PJB Services.

PT. PJB Services adalah anak perusahaan dari PT. PJB (Pembangkitan Jawa Bali), yang didirikan untuk memenuhi kebutuhan lini bisnis dalam memberikan jasa operasi dan pemeliharaan unit pembangkit listrik. Perusahaan ini didirikan pada tanggal 30 Maret 2001 dengan prosentase kepemilikan saham 98% dimiliki oleh PT. PJB dan 2% dimiliki oleh YK PT.PJB (Yayasan Kesejahteraan PT. PJB). Pada awalnya, PT. PJB Services hanya fokus pada bidang jasa pemeliharaan pembangkit listrik, kemudian berkembang menjadi perusahaan yang berkecimpung dalam jasa operasi dan pemeliharaan pembangkit listrik. Saat ini, PT. PJB Services telah berhasil mengelola pembangkit listrik dengan total 5.632 MW.



Gambar 2.10. Business map O&M PT. PJB Services

Struktur Grup Perusahaan PT. PJB Services dapat dilihat pada Gambar 2.11.

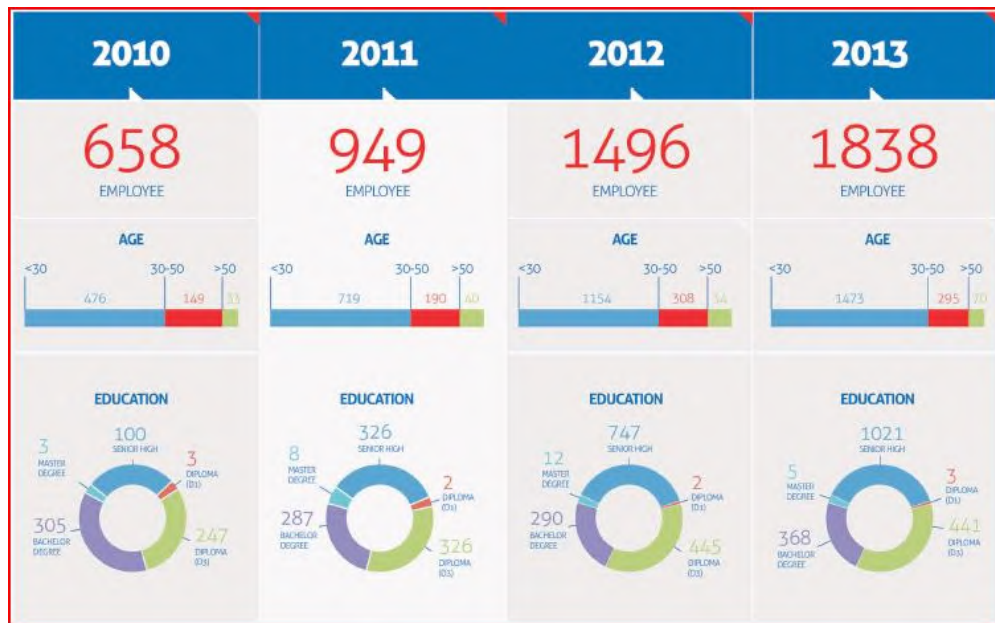


Gambar 2.11 Struktur grup perusahaan PT. PJB Services

Dalam mendukung bisnisnya, PT. PJB Services bergerak dengan memiliki visi perusahaan yaitu "Menjadi perusahaan pengelola aset pembangkit listrik dan pendukungnya dengan standar internasional". Dalam mendukung visi tersebut diperlukan misi-misi perusahaan sehingga tujuan organisasi dapat terwujud yaitu :

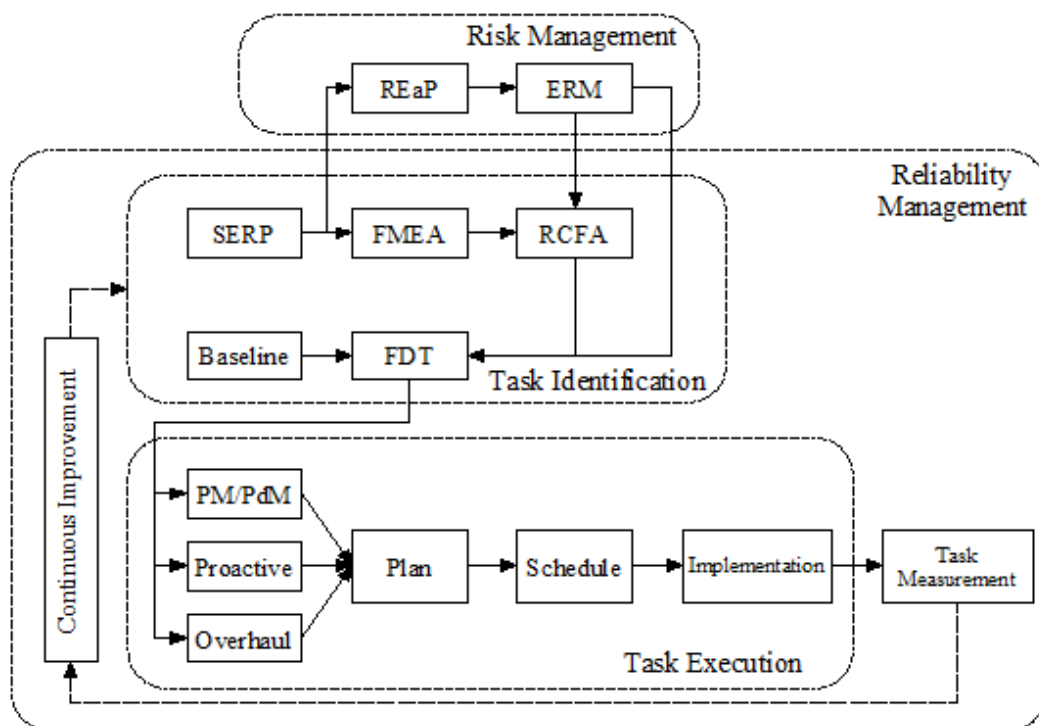
- Melaksanakan pengelolaan aset pembangkit listrik dan pendukungnya dengan standar internasional.
- Menerapkan manajemen total solusi untuk meningkatkan kinerja unit pembangkit listrik secara berkelanjutan.
- Mengembangkan sumber daya perusahaan untuk meningkatkan kinerja perusahaan secara berkelanjutan guna memenuhi harapan *stakeholder*.

Perkembangan PT. PJB Services telah berkembang pesat dimana pada awal berdirinya pada tahun 2001, PT. PJB Services hanya memiliki 16 orang karyawan yang juga memiliki status sebagai karyawan PT. PJB. Pada tahun 2013 PT. PJB Services telah memiliki karyawan sebanyak 1838 orang dengan variasi usia dan latar belakang pendidikan.



Gambar 2.12. Jumlah karyawan PT. PJB Services

Keterkaitan antara manajemen risiko terhadap pelaksanaan manajemen keandalan pada PT PJB Services dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Kerangka kerja manajemen keandalan

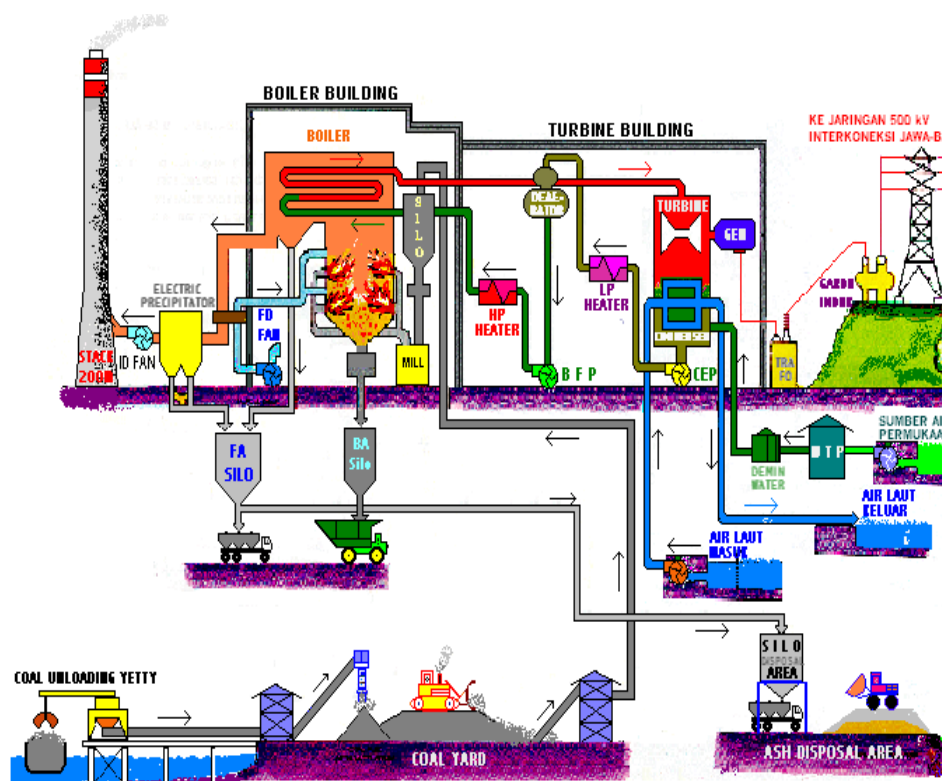
Urutan peningkatan keandalan diawali dengan melakukan penilaian keseluruhan peralatan dan prioritas keandalan sistem dan peralatan (SERP). Hasil dari kedua proses tersebut digunakan sebagai acuan untuk menentukan prioritas peralatan yang membutuhkan kajian *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). REaP (*Risk Evaluation and Prioritization*) digunakan untuk mengurutkan risiko yang ada yang dikaji di dalam manajemen risiko perusahaan. Tindak lanjut dari penilaian ini dalam bentuk *Failure Defence Task* (FDT) yang meliputi kegiatan pemeliharaan preventif, pemeliharaan prediktif, pemeliharaan proaktif, *overhaul* yang kemudian dilakukan perencanaan and penjadwalan oleh fungsi/bidang perencanaan dan pengendalian untuk dieksekusi oleh fungsi/bidang pemeliharaan terkait.

## 2.6. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

Unit Pembangkit PLTU menggunakan bahan bakar batu bara sebagai bahan bakar utama dan bahan bakar minyak (HSD) sebagai bahan bakar pada saat *Start Up*. Prinsip kerja PLTU yaitu mengubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi listrik. Siklus kerja PLTU dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 2.14. Proses konversi energi pada PLTU berlangsung melalui tiga tahapan yaitu:

- Pertama, energi kimia dalam bahan bakar diubah menjadi energi panas berbentuk uap yang memiliki tekanan dan temperatur tinggi.
- Kedua, energi uap panas diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran pada turbin.
- Ketiga, energi mekanik diubah menjadi energi listrik melalui generator.





Gambar 2.14. Diagram alir sistem PLTU

Bagian-bagian dari peralatan PLTU yang memiliki nilai peringkat prioritas pemeliharaan yang berbeda-beda tergantung pada dampak yang ditimbulkan pada sistem PLTU apabila peralatan tersebut mengalami kegagalan. Sepuluh peralatan pada PLTU yang merupakan peralatan vital yaitu sebagai berikut:

1. *Transformer.*

*Transformer* merupakan alat untuk menaikkan tegangan kerja dari *generator* ke jaringan instalasi di luar pembangkit listrik.

2. *Station Services Transformer.*

*Station Services Transformer* sebagai peralatan pengendalian dan proteksi pada *transformer*.

3. *Generator.*

*Generator* adalah pesawat tenaga yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik.

4. *Turbine.*

*Turbine* adalah mesin penggerak yang merubah energi potensial uap menjadi energi mekanik (energi gerak putar poros).

5. *Water Wall.*

Di dalam pipa *water wall* terdapat air yang bersirkulasi dari *boiler drum* melalui *down comer* dan *low header*. Panas yang dihasilkan dari proses pembakaran di dalam ruang bakar sebagian diberikan kepada air yang ada didalam pipa *water wall* sehingga air berubah menjadi uap. Selain berfungsi untuk membuat air menjadi uap, pipa *water wall* juga mencegah penyebaran panas dari dalam ruang bakar ke udara luar.

6. *Boiler Feed Water Pump.*

Fungsi dari *Boiler Feed Water Pump* yaitu untuk menaikkan tekanan dan menaikkan suhu. Tekanan pompa perlu dinaikkan agar air pengisi dapat mengalir kedalam pipa pada ruang bakar.

7. *Main Oil Pump.*

*Main oil pump* berfungsi untuk memompa minyak pelumas bantalan turbin dan generator.

8. *Circulating Water Pump.*

*Circulating Water Pump* digunakan untuk mengalirkan air pendingin utama ke kondensor dan ke beberapa sistem lain seperti *heat exchanger*.

9. *Primary Air Fan.*

*Primary Air Fan* digunakan untuk mengalirkan serbuk batubara dari *pulverizer* ke dalam ruang bakar.

10. *Forced Draft Fan.*

*Forced Draft Fan* digunakan untuk mengalirkan udara pembakaran bertekanan positif agar dapat bersirkulasi di dalam ruang bakar.

2.7. Literatur penelitian manajemen risiko.

Dalam penelitian ini digunakan metode penelitian kuantitatif yaitu *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), ISO 31000 dan penilaian *maturity level* pada objek perusahaan bidang industri pembangkit listrik dengan faktor kerangka umum analisis risiko operasional dan kinerja perusahaan. Literatur penelitian yang telah dilakukan peneliti terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Literatur penelitian manajemen risiko.

PENULIS	JUDUL PENELITIAN	OBJEK PENELITIAN			FAKTOR KERANGKA UMUM	METODE	
		Pemerintahan	Industri	Perbankan		Kualitatif	Kuantitatif
Rama Fitriyan (2015)	Analisis Risiko Kerusakan Peralatan Dengan Menggunakan Metode FMEA Untuk Meningkatkan Kinerja Pemeliharaan Prediktif Pada Pembangkit Listrik		√		Analisis risiko operasional dan kinerja perusahaan	FMEA, ISO31000, <i>Maturity Level</i>	
Leonard Nanda, Lusia P.S Hartanti, Johan K. Runtuk (2014)	Analisis risiko kualitas produk dalam proses produksi miniatur bis dengan metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> pada usaha kecil menengah Niki Kayoe		√		Mitigasi risiko terhadap biaya proses produksi	FMEA	<i>Cost based analysis</i>
Tiurma Meilania (2014)	Penerapan ISO 31000 dalam pengelolaan risiko pada Bank Perkreditan Rakyat (studi kasus Bank Perkreditan Rakyat X)			√	Implementasi ISO 31000	ISO 31000	
Arie Desrianty, Hendro Prasetyo, Raka Ananda Putra (2013)	Peningkatan kualitas baja lembaran dingin dengan metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>		√		Mitigasi risiko terhadap faktor penyebab cacat produksi	FMEA	

PENULIS	JUDUL PENELITIAN	OBJEK PENELITIAN			FAKTOR KERANGKA UMUM	METODE	
		Pemerintahan	Industri	Perbankan		Kualitatif	Kuantitatif
Mellisa, Fidelis Arastyo Andono (2013)	Penerapan <i>Enterprise Risk Management</i> dalam rangka meningkatkan efektifitas kegiatan operasional CV. Anugerah Berkat Calindojaya		√		Pendekatan analisis risiko dengan menggunakan ERP	<i>Enterprise Risk Management</i>	
Isadli Kurniawan, Iwan Vanany	Analisis risiko kerusakan peralatan dengan metode <i>probabilistic</i> FMEA pada industri minyak dan gas		√		Analisis risiko peralatan kritis dan menentukan akar permasalahannya	<i>Root Cause Analysis</i>	<i>Probabilistic</i> FMEA
Meiryanti Ramadhani, Arna Fariza, Dwi Kurnia Basuki	Sistem pendukung keputusan identifikasi penyebab susut distribusi energi listrik menggunakan metode FMEA	√	√		Sistem pendukung keputusan dalam analisis risiko	RCFA, FMEA	
Dewi Kurniasari Purwandono (2010)	Aplikasi model <i>House Of Risk</i> (HOR) untuk mitigasi risiko proyek pembangunan jalan tol Gempol-Pasuruan	√			Analisis risiko pada rantai pasok pembangunan jalan tol	<i>House of Risk</i>	Diagram pareto

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

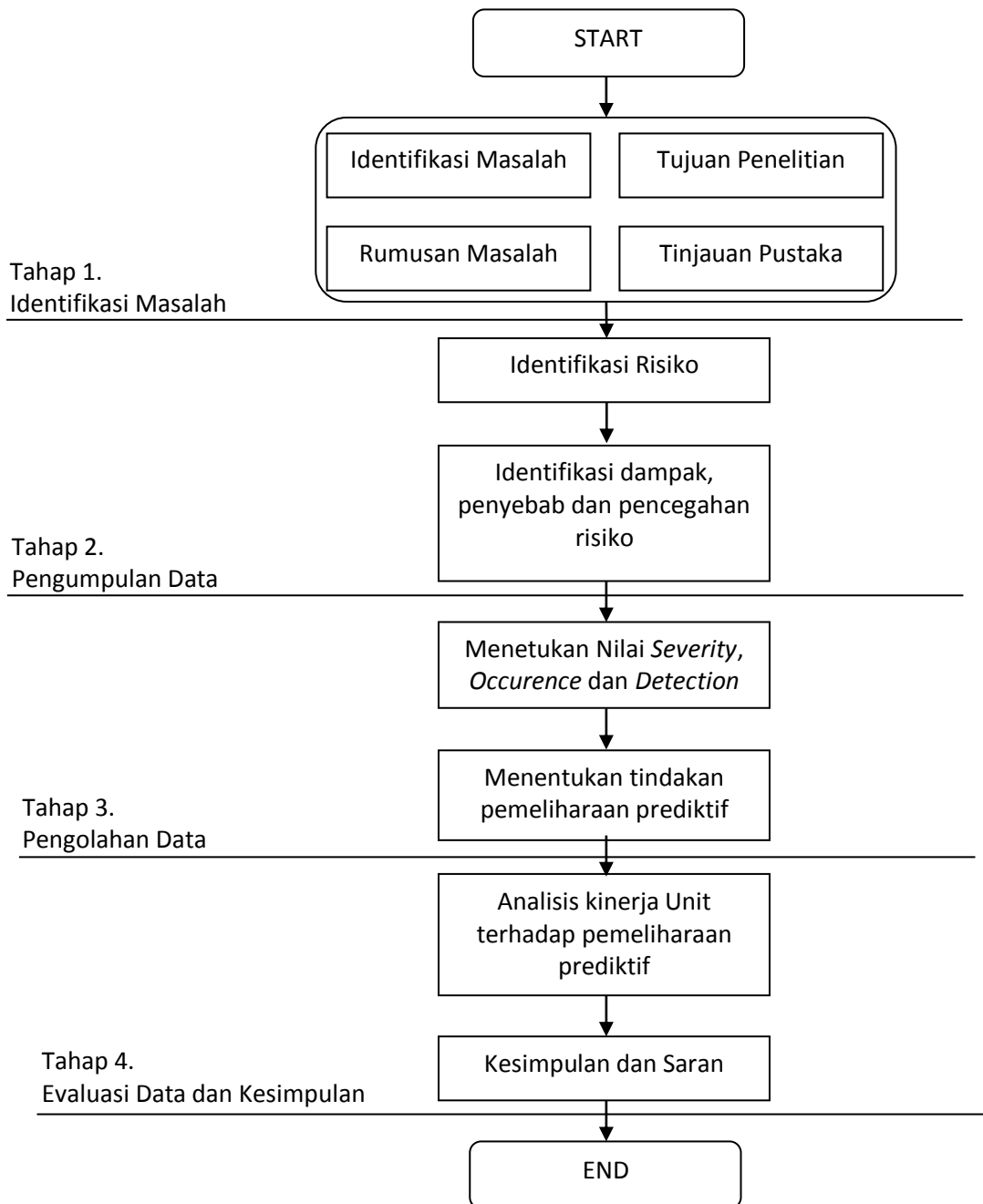
Pada bab ini menjelaskan mengenai objek penelitian dan tahapan yang sistematis dalam penyusunan penelitian, meliputi tahap awal sampai akhir yang saling terkait antara satu dengan yang lain, serta melibatkan konsep dan metode-metode pada bab sebelumnya. Tahapan dalam metodologi penelitian ini disusun dan disesuaikan dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian.

#### 3.1. Objek Penelitian.

Objek penelitian adalah pengelolaan manajemen risiko pada aktivitas kerja pemeliharaan pembangkit listrik khususnya pada bidang pemeliharaan prediktif di unit pembangkitan luar Jawa yang dikelola oleh PT PJB Services. Pemetaan aktifitas pemeliharaan didisain untuk peralatan pembangkit yang kritikal dan dinilai untuk mengetahui kemajuan kinerja yang dicapai untuk masing-masing unit pembangkit terhadap target yang telah ditentukan oleh perusahaan.

#### 3.2. Diagram Alir Penelitian.

Penelitian yang dilakukan ada lima tahapan utama, yaitu: (1) Tahapan identifikasi masalah, (2) Tahap pengumpulan data, (3) Tahap pengolahan data dan (4) Tahap evaluasi data dan kesimpulan. Tahapan-tahapan penelitian tersebut akan dilakukan secara terperinci seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.3. Tahap identifikasi masalah.

Tahapan ini merupakan tahapan awal dari penelitian, langkah-langkah dalam tahap identifikasi dan perumusan masalah ini meliputi:

#### 1. Identifikasi dan perumusan masalah.

Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah mengenai manajemen risiko pada operasional pembangkit listrik. Kemampuan

pembangkit listrik untuk menyediakan pasokan listrik tersedia terhadap periode waktu tertentu (*Equivalent Available Factor/EAF*) masih di bawah target kinerja yang ditetapkan oleh manajemen. Hal ini diakibatkan oleh masih banyaknya frekuensi *derating* pembangkit atau tidak tercapai daya mampu bersih pembangkit listrik tersebut. Kerusakan maupun penurunan fungsi komponen mesin pembangkit listrik menjadi penyebab utama yang menyebabkan meningkatnya jam kerja untuk pemeliharaan yang terencana maupun yang tidak terencana yang secara langsung dapat menyebabkan turunnya nilai EAF pembangkit tersebut. Untuk mengatasi kegiatan pemeliharaan yang tidak perlu tersebut dibutuhkan pemeriksaan dan pemeliharaan berdasarkan kondisi aktual mesin melalui *Condition Based Maintenance* sehingga adanya kerusakan mesin dapat diprediksi sebelum mesin tersebut rusak atau berhenti menjalankan fungsinya.

## 2. Tujuan Penelitian

Untuk menganalisis risiko operasional pembangkit listrik terhadap fungsi pemeliharaan prediktif yang kemudian dapat diketahui sejauh mana kontribusi pemeliharaan prediktif dalam kegiatan operasional dan pemeliharaan pembangkit listrik.

## 3. Tahap Studi Pustaka

Bahan dan materi yang dijadikan referensi dalam penulisan penelitian ini didapatkan dari jurnal ilmiah, buku, internet, modul maupun informasi terkait lainnya yang sesuai dan mendukung penyelesaian masalah dalam penelitian.

### 3.4. Tahap Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan data pada enam unit PLTU di luar Jawa yang *typical/sama*, yaitu pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar batu bara yang memiliki kapasitas 7 MW hingga 16,5 MW yang kegiatan operasional dan pemeliharaannya dikelola oleh PT PJB Services.



Tabel 3.1. Contoh tabel FMEA

No.	Item Peralatan	<i>Failure Mode</i>	Dampak	<i>Severity</i>	Penyebab	<i>Occurence</i>	Pencegahan	<i>Detection</i>	RPN
1									
2									
3									
4									
5									

Sumber : Carlson, 2012

$$RPN = Severity \times Occurence \times Detection$$

Proses pengelolaan risiko dilakukan dengan menggunakan metoda *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada Tabel 3.1. Tahap awal FMEA yaitu melakukan identifikasi risiko pada kelompok risiko operasional pembangkitan listrik yang berpengaruh pada keandalan pembangkit. Proses identifikasi risiko yaitu dengan cara mengumpulkan potensi risiko termasuk penyebab dan dampaknya pada tiap komponen berdasarkan *best practice* dan *workshop* yang telah dilakukan perusahaan.

### 3.5. Tahap Pengolahan Data.

Pada tahap pengolahan data dilakukan analisis risiko dari semua potensi risiko secara terukur dalam bentuk *Severity*, *Occurence*, dan *Detection*.

Pengukuran nilai *severity* atau dampak kerusakan peralatan dinilai dari sisi kemampuan proses produksi terhadap efek kegagalan yang menggambarkan penurunan kemampuan produksi dan keamanan. Nilai peringkat adalah peringkat yang relatif dalam lingkup FMEA yang berlaku pada kriteria dampak, *occurrence* dan *detection* (Carlson, 2012). Kriteria dampak dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Kriteria dampak dan peringkatnya.

Kriteria dampak: ( <i>Environment Effect</i> )	Peringkat	Kriteria dampak: ( <i>Process Effect</i> )
Pekerja mempunyai kemungkinan tinggi untuk berada pada situasi berbahaya dan berakibat kematian atau cedera berat atau cacat	10	Satu blok pembangkit listrik mati
Pekerja mempunyai kemungkinan untuk berada pada situasi berbahaya dan berakibat kematian atau cedera berat atau cacat	8	Satu unit pembangkit listrik mati
Pekerja mempunyai kemungkinan untuk berada pada situasi berbahaya dan berakibat cedera	6	Unit <i>derating</i> > 50%
Pekerja mempunyai kemungkinan kecil untuk berada pada situasi berbahaya dan berakibat kematian atau cedera ringan	4	Unit <i>derating</i> < 50%
Kerusakan sistem tidak berpengaruh terhadap keamanan	2	Tidak berdampak pada produksi listrik

Sumber: Dimodifikasi dari Carlson, 2012

*Occurrence* menentukan kemungkinan bahwa penyebab kegagalan akan terjadi selama masa penggunaan produk. Untuk menjabarkan nilai *occurrence* dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Nilai *Detection* digunakan sebagai alat kontrol untuk mendeteksi penyebab potensi kegagalan. Penilaian yang diberikan menunjukkan seberapa jauh mendeteksi kemungkinan terjadinya kesalahan atau timbulnya dampak dari suatu kesalahan. Kriteria untuk indeks *detection* terdapat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.3. Kriteria *Occurrence* dan peringkatnya

Deskripsi	Peringkat	Keterangan
Sering terjadi	10	Kerusakan peralatan sering terjadi yang berpotensi mengganggu kinerja unit
Mungkin terjadi	8	Kerusakan peralatan akan terjadi beberapa kali yang berpotensi mengganggu kinerja sistem (tidak ada peralatan untuk <i>back-up</i> )
Kadang-kadang terjadi	6	Kerusakan peralatan mungkin akan terjadi beberapa kali yang berpotensi mengganggu kinerja sistem (terdapat peralatan untuk <i>back-up</i> )
Jarang terjadi	4	Kerusakan peralatan mungkin akan terjadi
Mustahil terjadi	2	Kerusakan peralatan tidak mungkin terjadi

Sumber: dimodifikasi dari Carlson, 2012.

Tabel 3.4. Kriteria *Detection* dan peringkatnya

<b><i>Opportunity for Detection</i></b>	<b><i>Criteria: Likelihood of Detection by Design Control</i></b>	<b><i>Likelihood of Detection</i></b>	<b><i>Rank</i></b>
Pasti tidak terdeteksi	Tidak bisa mendeteksi atau tidak ada inspeksi	<i>Almost impossible</i>	10
Tidak bisa mendeteksi pada tahap manapun	Kegagalan tidak mudah dideteksi atau terdeteksi secara random	<i>Very Remote</i>	9
Deteksi setelah selesai proses	Kegagalan terdeteksi setelah proses dengan inspeksi visual atau pendengaran oleh operator	<i>Remote</i>	8
Deteksi masalah pada sumber	Kegagalan terdeteksi di unit dengan inspeksi visual oleh operator atau setelah proses dengan pemakaian alat ukur oleh operator	<i>Very Low</i>	7
Deteksi masalah setelah proses	Kegagalan terdeteksi setelah proses dengan alat ukur oleh operator atau di unit dengan alat ukur oleh operator	<i>Low</i>	6
Deteksi masalah pada sumber	Kegagalan terdeteksi di unit dengan alat ukur oleh operator atau di unit oleh alat kontrol eksisting dan memperingatkan operator ( <i>light, buzzer</i> )	<i>Moderate</i>	5
Deteksi masalah setelah proses	Kegagalan terdeteksi setelah proses dengan alat kontrol eksisting dan mengunci proteksi mesin untuk mencegah proses berikutnya	<i>Moderately High</i>	4
Deteksi masalah pada sumber	Kegagalan terdeteksi di unit dengan alat kontrol eksisting dan mengunci proteksi mesin untuk mencegah proses berikutnya	<i>High</i>	3
Deteksi kesalahan dan pencegahan masalah	Kesalahan di deteksi di unit dengan alat kontrol eksisting yang mendeteksi kesalahan dan mencegah di proses produksi berjalan	<i>Very High</i>	2
Pencegahan kesalahan	Pencegahan kesalahan dengan <i>fixture design, machine design</i> , atau <i>part design</i> . <i>Part reject</i> tidak bisa dibuat karena item sudah di <i>error-proofed</i>	<i>Almost Certain</i>	1

Sumber: FMEA 4<sup>th</sup> edition, 2008 manual, Chrysler, Ford and GM supplier requirements task force.

### 3.6. Tahap evaluasi data dan kesimpulan.

Dalam pencapaian visi dan misi perusahaan maka perlu dilakukan pengukuran kinerja terhadap semua aktivitas yang dilakukan dalam perusahaan tersebut. Perencanaan pemeliharaan merupakan suatu pendekatan teknik untuk mencapai keandalan operasional yang maksimum. Aktivitas perencanaan ini meliputi tiga kelompok kegiatan yaitu audit peralatan, *failure defence planning* dan *best practice* yang merupakan kegiatan implementasi dari perencanaan pemeliharaan itu sendiri.

Kegiatan audit peralatan merupakan kegiatan penilaian terhadap peralatan pembangkit untuk mengetahui tingkat kesiapan peralatan dalam menunjang operasional unit pembangkit. Dalam pelaksanaan implementasi kegiatan pemeliharaan khususnya pemeliharaan prediktif digunakan 8 *maturity framework*. Hal ini dilakukan agar tercipta proses bisnis pemeliharaan prediktif yang matang yang tidak menggantungkan kelangsungan program pemeliharaan prediktif hanya pada personel tertentu. Kerangka kinerja proses untuk pemeliharaan prediktif dan pelaksanaan program FMEA yaitu:

#### A. Kinerja pemeliharaan prediktif :

1. *Setup database* pemeliharaan prediktif
2. Jadwal kegiatan pemeliharaan prediktif
3. Persiapan teknis lapangan
4. Pengukuran
5. Manajemen data
6. Analisis dan rekomendasi
7. Tindak lanjut
8. *Cost Benefit Analysis (CBA)*

#### B. Kinerja FMEA :

1. Identifikasi peralatan yang membutuhkan FMEA
2. Jadwal *workshop* FMEA
3. *Workshop* FMEA
4. Pengukuran efektivitas hasil FMEA
5. Rasio FMEA oleh eksternal dan internal

Tujuan dari pelaksanaan pengawasan ini yaitu :

1. Untuk memastikan bahwa kegiatan pemeliharaan prediktif benar-benar bermanfaat, perlu pengembangan di setiap kerangka kerja dengan benar dan konsisten.
2. Laporan dan rekomendasi yang diberikan oleh tim pemeliharaan prediktif harus dilaksanakan oleh tim eksekusi.
3. *Cost Benefit Analysis* harus dibuat untuk menunjukkan kinerja dan kontribusi pemeliharaan prediktif untuk tim manajemen unit pembangkit.
4. Indikator keberhasilan pencapaian program pemeliharaan prediktif yaitu pencapaian kinerja harus lebih baik atau sama dengan nilai target.

Pencapaian dan target kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA setiap semester untuk tiap unit PLTU digambarkan ke dalam tabel 3.5. Pencapaian kinerja untuk tiap unit PLTU dilakukan dengan cara melakukan *assessment* atau penilaian kinerja yang dilakukan oleh divisi kinerja dan risiko perusahaan.

Tabel 3.5. Tabel pencapaian dan target kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA.

Kinerja		Kode	Pencapaian	Target	Gap
Pemeliharaan Prediktif	Pembuatan <i>database</i> PdM				
	Jadwal pemeliharaan				
	Persiapan teknis lapangan				
	Pengukuran ( <i>monitoring</i> )				
	Manajemen data				
	Analisis dan rekomendasi				
	Tindak lanjut				
	<i>Cost Benefit Analysis</i> (CBA)				
FMEA	Identifikasi peralatan yang membutuhkan FMEA				
	Jadwal <i>workshop</i> FMEA				
	<i>Workshop</i> FMEA				
	Pengukuran efektivitas hasil FMEA				
	Rasio FMEA oleh eksternal dan internal				

Pencapaian dan target kinerja hasil dari proses kegiatan pemeliharaan prediktif dan FMEA setiap semester untuk tiap unit PLTU digambarkan ke dalam tabel 3.6.

Tabel 3.6. Tabel pencapaian dan target kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA.

Kinerja		Kode	Pencapaian	Target	Gap
Pemeliharaan Prediktif	Kehandalan peralatan				
	Jumlah rekomendasi				
	Analisa dan rekomendasi				
FMEA	Pelaksanaan FMEA				
	Rekomendasi untuk <i>plant performance improvement</i>				
	Pelaksanaan RCFA				
	Analisa dan rekomendasi masalah kronis				
	Penyelesaian masalah kronis				

Kriteria kerangka kerja proses pemeliharaan prediktif dan proses FMEA diuraikan pada kerangka kerja pada Lampiran 1 dan 2. Sedangkan kerangka kerja hasil untuk pemeliharaan prediktif dan FMEA diuraikan pada kerangka kerja pada Lampiran 3 dan 4. Masing-masing kerangka kerja dibagi dalam lima level pencapaian kinerja.

Penentuan target kinerja pada masing-masing unit kerja ditentukan oleh beberapa faktor yaitu:

1. Target kinerja pada semester sebelumnya.
2. Kontrak kinerja dari manajemen perusahaan pada masing-masing unit yang mempengaruhi pencapaian kinerja nantinya, seperti pencapaian EAF (*Equivalent Availability Factor*) dan EFOR (*Equivalent Force Outage Rate*).
3. Kebijakan manajemen yang mempengaruhi kinerja operasional pembangkit listrik pada masing-masing unit.

## BAB 4

### HASIL PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai hasil dari pengumpulan data dan penelitian yang telah dilakukan di PT PJB Services. Penelitian meliputi penyusunan FMEA untuk sepuluh peralatan pembangkit listrik yang memiliki risiko tertinggi. Perencanaan pemeliharaan prediktif yang tepat pada peralatan tersebut disusun dan dinilai pencapaian kinerjanya terhadap kerangka kerja yang telah ditentukan oleh perusahaan.

Metode pengumpulan data-data penelitian dilakukan dengan cara yaitu:

#### 1. Pengumpulan data primer.

Pengumpulan data primer diperoleh dari sumber langsung melalui wawancara dengan sumber yang kompeten dalam menangani manajemen risiko pada PT PJB Services. Pengambilan data dilakukan untuk mencari informasi mengenai proses bisnis perusahaan dalam menangani risiko operasional pembangkit listrik melalui narasumber:

- a. Bapak Saiful Hidayat, kepala satuan *risk* dan OSM PT PJB Services.
- b. Bapak Agus Sugiarto, staff *risk* dan OSM PT PJB Services.

#### 2. Pengumpulan data sekunder.

Pengumpulan data sekunder dilakukan untuk mendapatkan data-data operasional perusahaan yang mendukung pada penelitian. Data sekunder yang didapatkan yaitu database dan *manual book* peralatan, FMEA serta *best practice*-nya dalam menangani kerusakan pada peralatan PLTU. Data yang didapatkan juga kinerja unit pembangkit listrik beserta target dari manajemen perusahaan pada semester kedua tahun 2015.

#### 4.1. Prioritas risiko pada peralatan pembangkit listrik.

Nilai *Risk Priority Number* (RPN) merupakan peringkat risiko untuk setiap mode kegagalan yang didapatkan dengan mengalikan tiga elemen yaitu nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Peralatan yang diukur berasal dari enam unit PLTU di luar Jawa yang *typical*/sama yang menggunakan bahan bakar batu



bara yang memiliki kapasitas 7 MW hingga 16,5 MW. Dari keseluruhan peralatan pada PLTU diambil sepuluh peralatan dengan nilai risiko tertinggi (tabel 4.1).

Tabel 4.1. Tabel sepuluh peralatan dengan nilai RPN tertinggi.

No.	Peralatan	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>	RPN
1	<i>Transformer</i>	10	8	6	480
2	<i>Station Services Transformer</i>	10	8	6	480
3	<i>Generator</i>	9	8	6	432
4	<i>Turbine</i>	9	8	6	432
5	<i>Water Wall</i>	7	6	10	420
6	<i>Boiler Feed Water Pump</i>	9	7	6	378
7	<i>Main Oil Pump</i>	7	8	6	336
8	<i>Circulating Water Pump</i>	9	6	6	324
9	<i>Primary Air Fan</i>	9	6	6	324
10	<i>Forced Draft Fan</i>	9	6	6	324

Dari tabel 4.1 dapat dilihat bahwa *transformer* memiliki nilai RPN tertinggi dari keseluruhan peralatan yang ada pada pembangkit listrik. Selain *transformer* terdapat peralatan lain yang memiliki tingkat risiko yang tinggi yaitu *station services transformer*, *generator*, *turbine*, dan seterusnya. Kesepuluh peralatan tersebut menjadi perhatian utama mengingat tingginya dampak yang dapat terjadi terhadap unit pembangkit listrik apabila peralatan tersebut mengalami kegagalan. Oleh karena itu dilakukan *workshop Failure Mode Effect Analysis* secara berkala terhadap peralatan untuk menentukan semua kegagalan yang pernah terjadi dan potensi kegagalan yang mungkin akan terjadi dari suatu komponen peralatan.

#### 4.2. FMEA pada peralatan pembangkit listrik.

Kajian FMEA ini diperlukan untuk menjaga keandalan unit pembangkit listrik karena setiap mode kegagalan peralatan dapat ditemukan dampak dan penyebab terjadinya kegagalan. Tujuan yang dicapai dari FMEA yaitu dapat

menentukan tindak lanjut yang tepat untuk mengatasi, menghilangkan dan meminimalisasi terhadap kemungkinan mode kegagalan yang telah didapatkan dalam bentuk kegiatan pemeliharaan.

Proses pengelolaan risiko dengan metode FMEA dimulai dengan melakukan identifikasi risiko pada peralatan pembangkit listrik yang berpengaruh terhadap keandalan pembangkit listrik. Proses identifikasi risiko ini dilakukan dengan mengumpulkan potensi risiko pada tiap peralatan berikut penyebab dan dampaknya pada sistem berdasarkan *best practice* dan *workshop* yang telah dilakukan oleh tim di perusahaan.

FMEA yang dihasilkan dari kesepuluh nilai RPN tertinggi berikut dampak, penyebab dan metode pencegahannya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. FMEA pada sepuluh peringkat *Risk Priority Number* tertinggi.

No	Item	<i>Failure Mode</i>	Dampak	Penyebab	Pencegahan
1	<i>Generator Transformer</i>	<i>Short Circuit</i>	<i>Transformer trip, unit trip, transformer meledak.</i>	Meningkatnya kandungan gas di dalam trafo, proteksi <i>over current</i> tidak bekerja.	DGA, pemeriksaan tahanan isolasi.
		<i>Change over fan trafo tidak rutin</i>	<i>Derating Trafo</i>	Jarang beroperasi	SOP rutin penggunaan fan trafo
		<i>Silica gel sudah jenuh</i>	Kualitas oli menurun, <i>short circuit, unit trip.</i>	Menyaring uap air terlalu lama sehingga jenuh	Penggantian <i>silica gel</i> yang telah jenuh
2	<i>Station Services Transformer</i>	<i>Short Circuit</i>	Panas yang berlebihan dan kebakaran	Lingkungan ruangan yang kotor dan berdebu.	Kebersihan lingkungan dan pengecekan <i>thermography</i> .
		<i>Main breaker terbakar</i>	Unit <i>trip</i>	Proteksi <i>over load</i> tidak bekerja,	Tes fungsi dan <i>electrical test</i> pada saat inspeksi
3	<i>Generator</i>	<i>Misalignment</i> kopling	Vibrasi rotor	Pekerjaan <i>alignment</i> kopling tidak maksimal	Melaksanakan <i>alignment</i> kopling sesuai dengan SOP
		<i>Unbalance rotor</i>	Vibrasi rotor	Pekerjaan inspeksi tidak maksimal	<i>Balancing</i> rotor
		Kerusakan pada bantalan poros.	Naiknya suhu bantalan, permukaan babbitt pada bantalan rusak.	Kebocoran air pada sistem pelumasan bantalan.	Pengecekan kualitas oli/ <i>tribology</i> .
		Kegagalan pelumasan pada saat <i>black out</i>	Pompa oli DC tidak berfungsi	Kondisi baterai sudah tidak mampu menyalurkan listrik DC	Pemeliharaan prefentif baterai secara rutin

No	Item	Failure Mode	Dampak	Penyebab	Pencegahan
4	Turbine	<i>Missalignment</i> pada kopling turbine generator	Vibrasi tinggi	Pekerjaan <i>alignment</i> kopling tidak maksimal	Melaksanakan <i>alignment</i> kopling sesuai dengan SOP
		<i>Unbalance</i> rotor turbin	Vibrasi tinggi	Pekerjaan perbaikan rotor turbin tidak maksimal	Melaksanakan pekerjaan pada rotor turbin sesuai SOP
		Kerusakan pada bantalan poros.	Naiknya suhu bantalan, permukaan babbit pada bantalan rusak.	Kebocoran air pada sistem pelumasan bantalan.	Pengecekan kualitas oli/ <i>tribology</i> .
5	Water Wall	Kebocoran pipa <i>boiler</i>	Air bersifat korosif sehingga mempercepat penipisan <i>waterwall boiler</i> .	Konduktifitas air pengisi <i>boiler</i> tinggi	Pemantauan kualitas air pengisi <i>boiler</i>
		Pemakaian batu bara boros	Perpindahan panas pada <i>waterwall</i> tidak maksimal.	Penumpukan jelaga pada dinding <i>water wall</i> .	Pengoperasian <i>soot blower</i> secara berkala.
6	Boiler Feed Water Pump	<i>Unbalance</i> rotor	Vibrasi tinggi	Adanya keausan pada fan blade	<i>Balancing</i> rotor fan
		Turbulensi udara pada pompa	Vibrasi tinggi	Pembukaan katup masuk pompa tidak sesuai SOP	Pengoperasian pompa sesuai dengan SOP
7	Main Oil Pump	<i>Unbalance</i> rotor	Vibrasi tinggi	Adanya keausan pada <i>vane blade</i>	<i>Balancing</i> rotor
8	Circulating water Pump	Grease pada motor cepat habis	Bearing cepat rusak	<i>Seal ring</i> bearing sudah kendor	Pengecekan kondisi bearing dan <i>seal ring</i>
		<i>Unbalance</i> rotor	Vibrasi tinggi	Adanya keausan pada <i>vane blade</i>	<i>Balancing</i> rotor
		Turbulensi udara pada pompa	Vibrasi tinggi	Pembukaan katup masuk pompa tidak sesuai SOP	Pengoperasian pompa sesuai dengan SOP
9	Primary Air Fan	Turbulensi udara pada fan	Vibrasi tinggi	Pembukaan katup udara <i>fan</i> tidak sesuai SOP	Pengoperasian <i>fan</i> sesuai dengan SOP
		<i>Unbalance</i> rotor	Vibrasi tinggi	Adanya keausan pada <i>fan blade</i>	<i>Balancing</i> rotor <i>fan</i>
10	Forced Draft Fan	Turbulensi udara pada <i>fan</i>	Vibrasi tinggi	Pembukaan katup udara <i>fan</i> tidak sesuai SOP	Pengoperasian <i>fan</i> sesuai dengan SOP
		<i>Unbalance</i> rotor	Vibrasi tinggi	Adanya keausan pada <i>fan blade</i>	<i>Balancing</i> rotor <i>fan</i>

#### 4.3. Tindak lanjut pemeliharaan prediktif.

Untuk menghindari kerusakan yang tidak diinginkan diperlukan suatu upaya perencanaan pemeliharaan, sehingga dengan pemeliharaan tersebut dapat meningkatkan keandalan dan umur dari mesin. Dalam pelaksanaan implementasi kegiatan pemeliharaan khususnya pemeliharaan prediktif diperlukan tahapan-tahapan agar pemeliharaan prediktif itu dapat berjalan yaitu:

- Mengidentifikasi peralatan yang akan dilakukan pemeliharaan prediktif dan membuat *critically ranking*.
- Memilih teknologi pemeliharaan prediktif yang tepat.
- Pengembangantim yang kompeten untuk pelaksanaan pemeliharaan prediktif.
- Mengukur *maturity level* melalui kerangka kerja pemeliharaan prediktif.

Menentukan dan memilih teknologi prediktif dilakukan berdasarkan pada *manual book* dan *best practice* yang ada pada masing-masing peralatan tersebut. Dari kesepuluh peralatan dengan nilai RPN tertinggi disusun teknologi pemeliharaan prediktif dalam bentuk *equipment & technology matrix* seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. *Equipment & technology matrix* pemeliharaan prediktif.

No	Nama Peralatan	RPN	Vibrasi	MCSA	IR thermography	Oil Analysis
1	<i>Transformer</i>	480			V	V
2	<i>Station Services Transformer</i>	480			V	
3	<i>Generator</i>	432	V			V
4	<i>Turbine</i>	432	V			V
5	<i>Water Wall</i>	420			V	
6	<i>Boiler Feed Water Pump</i>	378	V	V		V
7	<i>Main Oil Pump</i>	336	V	V		V
8	<i>Circulating Water Pump</i>	324	V	V		
9	<i>Primary Air Fan</i>	324	V	V		
10	<i>Forced Draft Fan</i>	324	V	V		

Dari tabel 4.3 dapat dilihat bahwa kesepuluh peralatan dengan nilai RPN tertinggi tersebut dapat dilakukan kegiatan pemeliharaan prediktif. Pemeliharaan prediktif yang dilakukan yaitu:

1. Analisis vibrasi.

Pengambilan data dan analisis vibrasi dilakukan pada bantalan peralatan yang berputar (*rotating equipment*). Dari analisis vibrasi dapat diketahui apakah sebuah mesin masih beroperasi dengan normal maupun adanya gangguan vibrasi yang berasal dari *unbalance*, *misalignment*, kerusakan bantalan, kavitasi dan lainnya.

2. MCSA (*Motor Current Signature Analysis*).

MCSA merupakan metode untuk mendeteksi masalah mekanik atau listrik pada motor listrik.

3. *Infrared Thermography*.

*Infrared Thermography* merupakan proses untuk memberikan visual yang memberikan kondisi dari radiasi permukaan benda.

4. *Oil Analysis*.

Analisis minyak dilakukan secara periodik untuk mengetahui kondisi minyak tersebut dan mengetahui kontaminan yang terkandung didalamnya.

#### 4.4. Implementasi pemeliharaan prediktif dan FMEA dalam penilaian kinerja.

Dalam melakukan pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan prediktif dan FMEA diperlukan audit peralatan dan pelaksanaan pemeliharaan tersebut sehingga dapat diketahui tingkat kesiapan peralatan dalam menunjang operasional unit pembangkit. Dalam pelaksanaan implementasi kegiatan pemeliharaan prediktif dan FMEA digunakan kerangka kinerja yang dinilai setiap enam bulan di tiap-tiap unit pembangkit listrik.

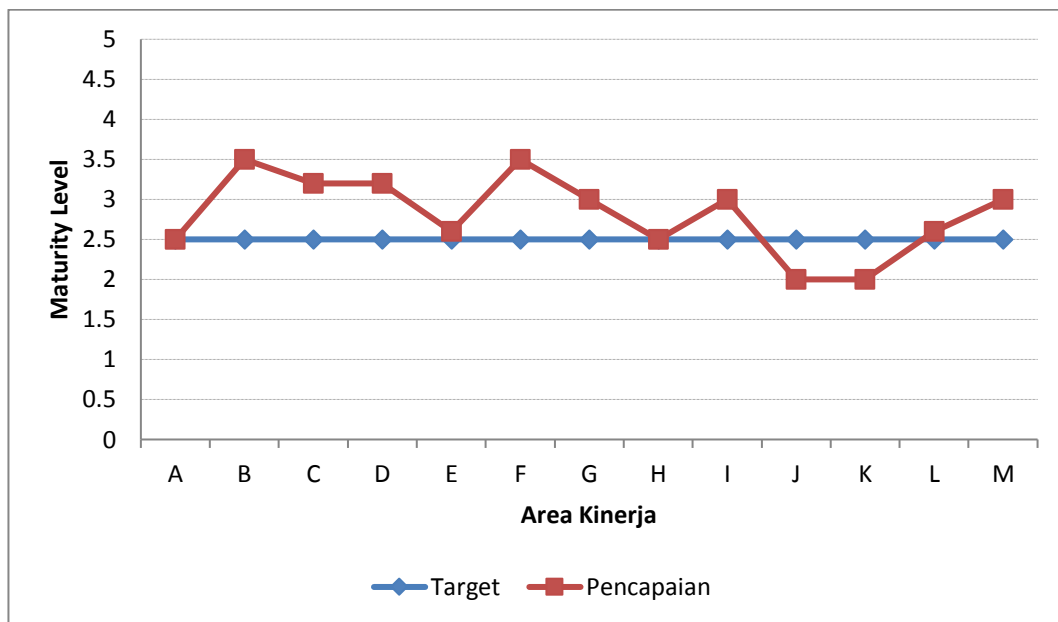
Penilaian kinerja dilakukan dalam dua buah penilaian yaitu penilaian kinerja proses dan kinerja hasil atau disebut juga dengan *Key Performance Indicator* (KPI). Dalam penelitian ini mengambil data pada enam unit pembangkit listrik yang kegiatan operasional dan pemeliharaannya dikelola oleh PT PJB services. Pada penelitian ini, pengambilan data penilaian kinerja dari unit kerja pembangkit PT PJB Services pada semester II tahun 2015.

#### 4.4.1. Penilaian kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU A.

PLTU A adalah salah satu unit kerja dimana kegiatan operasional dan pemeliharaannya dikelola oleh PT PJB Services. PLTU dengan kapasitas 2x25 MW ini telah mencapai kontrak *performance based* kepada PT PLN (Persero). Hasil penelitian pada PLTU A didapatkan Kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada semester II pada tahun 2015 yang dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU A semester II tahun 2015.

Kinerja		Kode	Pencapaian	Target	Gap
Pemeliharaan Prediktif	Pembuatan database PdM	A	2.5	2.5	0
	Jadwal pemeliharaan	B	3.5	2.5	+1.0
	Persiapan teknis lapangan	C	3.2	2.5	+0.7
	Pengukuran ( <i>monitoring</i> )	D	3.2	2.5	+0.7
	Manajemen data	E	2.6	2.5	+0.1
	Analisis dan rekomendasi	F	3.5	2.5	+0.1
	Tindak lanjut	G	3.0	2.5	+0.5
	<i>Cost Benefit Analysis (CBA)</i>	H	2.5	2.5	0
FMEA	Identifikasi peralatan	I	3.0	2.5	+0.5
	Jadwal <i>workshop</i> FMEA	J	2.0	2.5	-0.5
	<i>Workshop</i> FMEA	K	2.0	2.5	-0.5
	Pengukuran efektivitas FMEA	L	2.6	2.5	+0.1
	Rasio FMEA oleh eksternal dan internal	M	3.0	2.5	+0.5



Gambar 4.1. Grafik kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU A semester II tahun 2015.

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa terdapat kinerja proses unit PLTU A yang tidak tercapai targetnya yaitu:

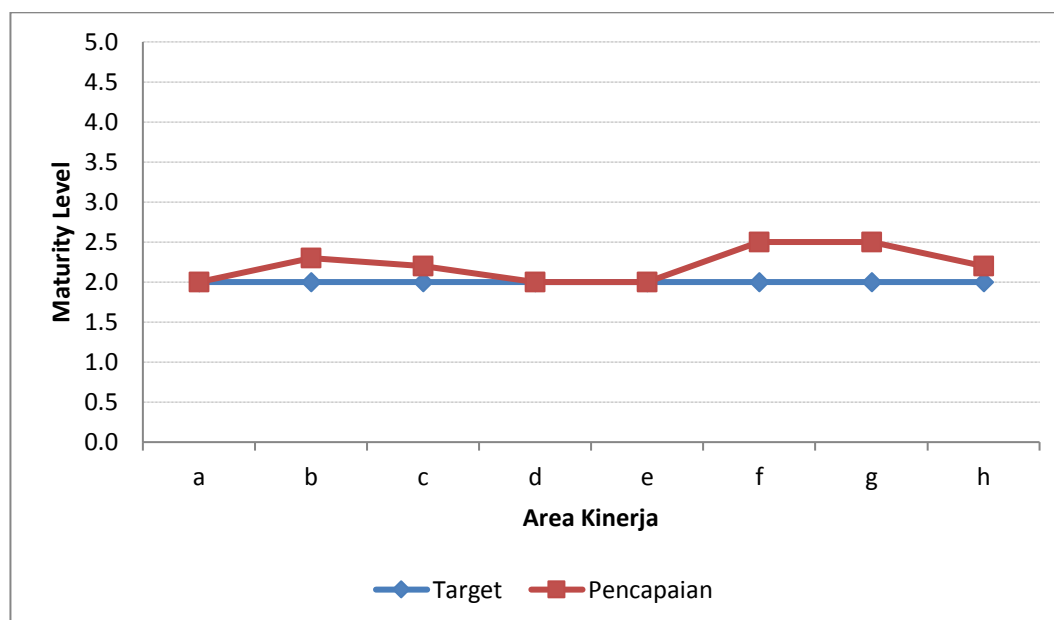
1. Belum ada jadwal untuk pelaksanaan *workshop* untuk menyusun daftar FMEA, sehingga perlu dibuatkan perencanaan jadwal untuk melaksanakan *workshop* FMEA tersebut.
2. Belum dilaksanakannya *workshop* FMEA dengan bidang terkait.

Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU A pada semester II pada tahun 2015 yang dapat dilihat pada tabel 4.5.



Tabel 4.5. Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU A semester II tahun 2015.

Kinerja		Kode	Pencapaian	Target	Gap
Pemeliharaan Prediktif	Kehandalan peralatan	a	2.0	2.0	0
	Jumlah rekomendasi	b	2.3	2.0	+0.3
	Analisa dan rekomendasi	c	2.2	2.0	+0.2
FMEA	Pelaksanaan FMEA	d	2.0	2.0	0
	Rekomendasi untuk <i>plant performance improvement</i>	e	2.0	2.0	0
	Pelaksanaan RCFA	f	2.5	2.0	+0.5
	Analisa dan rekomendasi masalah kronis	g	2.5	2.0	+0.5
	Penyelesaian masalah kronis	h	2.2	2.0	+0.2



Gambar 4.2. Grafik kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU A semester II tahun 2015.

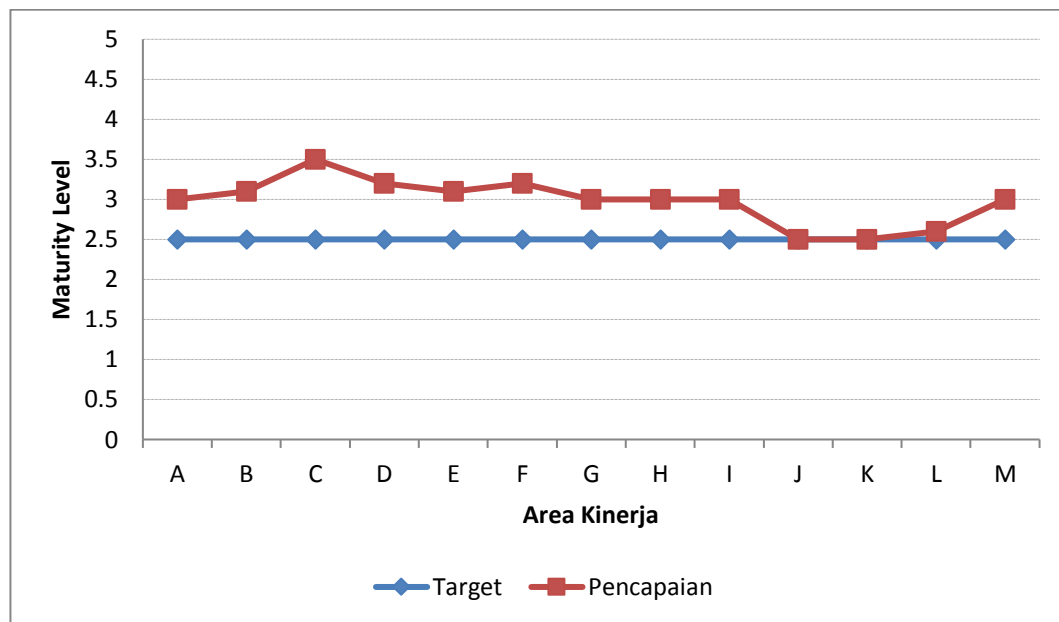
Dari gambar 4.2 dapat dianalisis bahwa hasil kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA unit PLTU A telah mencapai target kinerja yang telah ditentukan.

#### 4.4.2. Penilaian kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU B.

PLTU B adalah salah satu unit kerja dimana kegiatan operasional dan pemeliharaannya dikelola oleh PT PJB Services. PLTU dengan kapasitas 2x30 MW ini terikat dalam kontrak *supporting* dengan PT PLN (Persero). Hasil penelitian pada PLTU B didapatkan kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada semester II pada tahun 2015 yang dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU B semester II tahun 2015.

Kinerja		Kode	Pencapaian	Target	Gap
Pemeliharaan Prediktif	Pembuatan database PdM	A	3.0	2.5	+0.5
	Jadwal pemeliharaan	B	3.1	2.5	+0.6
	Persiapan teknis lapangan	C	3.5	2.5	+1.0
	Pengukuran ( <i>monitoring</i> )	D	3.2	2.5	+0.7
	Manajemen data	E	3.1	2.5	+0.6
	Analisis dan rekomendasi	F	3.2	2.5	+0.7
	Tindak lanjut	G	3.0	2.5	+0.5
	<i>Cost Benefit Analysis (CBA)</i>	H	3.0	2.5	+0.5
FMEA	Identifikasi peralatan	I	3.0	2.5	+0.5
	Jadwal <i>workshop</i> FMEA	J	2.5	2.5	0
	<i>Workshop</i> FMEA	K	2.5	2.5	0
	Pengukuran efektivitas FMEA	L	2.6	2.5	+0.1
	Rasio FMEA oleh eksternal dan internal	M	3.0	2.5	+0.5



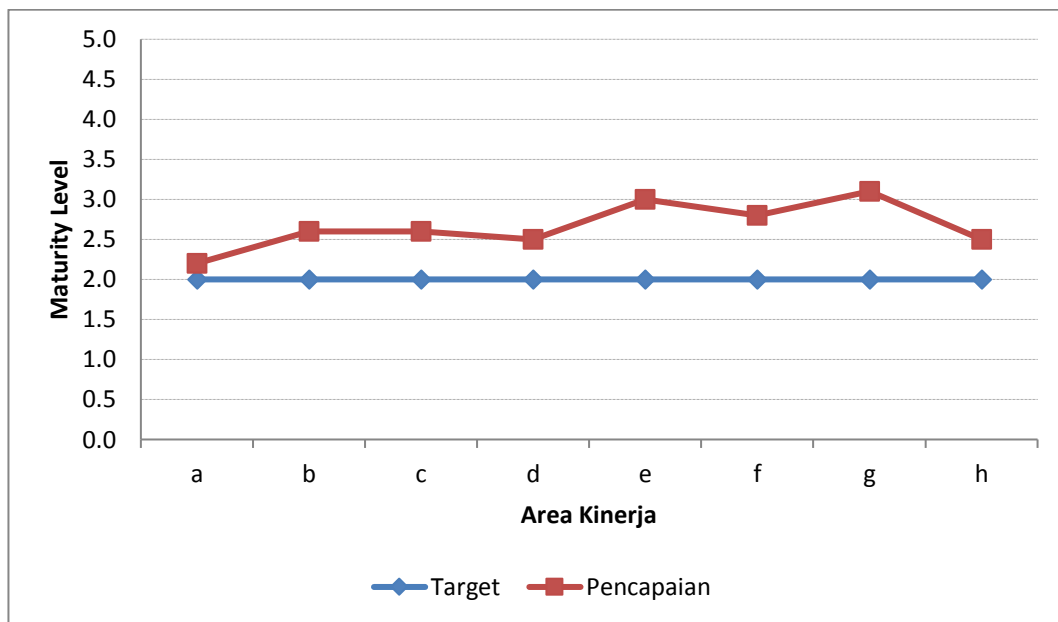
Gambar 4.3. Grafik kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU B semester II tahun 2015.

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa terdapat kinerja proses unit PLTU B telah mencapai target kinerja yang telah ditentukan.

Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU B pada semester II pada tahun 2015 yang dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU B semester II tahun 2015.

Kinerja		Kode	Pencapaian	Target	Gap
Pemeliharaan Prediktif	Kehandalan peralatan	a	2.2	2.0	+0.2
	Jumlah rekomendasi	b	2.6	2.0	+0.6
	Analisa dan rekomendasi	c	2.6	2.0	+0.6
FMEA	Pelaksanaan FMEA	d	2.5	2.0	+0.5
	Rekomendasi untuk <i>plant performance improvement</i>	e	3.0	2.0	+1.0
	Pelaksanaan RCFA	f	2.8	2.0	+0.8
	Analisa dan rekomendasi masalah kronis	g	3.1	2.0	+1.1
	Penyelesaian masalah kronis	h	2.5	2.0	+0.5



Gambar 4.4. Grafik kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU B semester II tahun 2015.

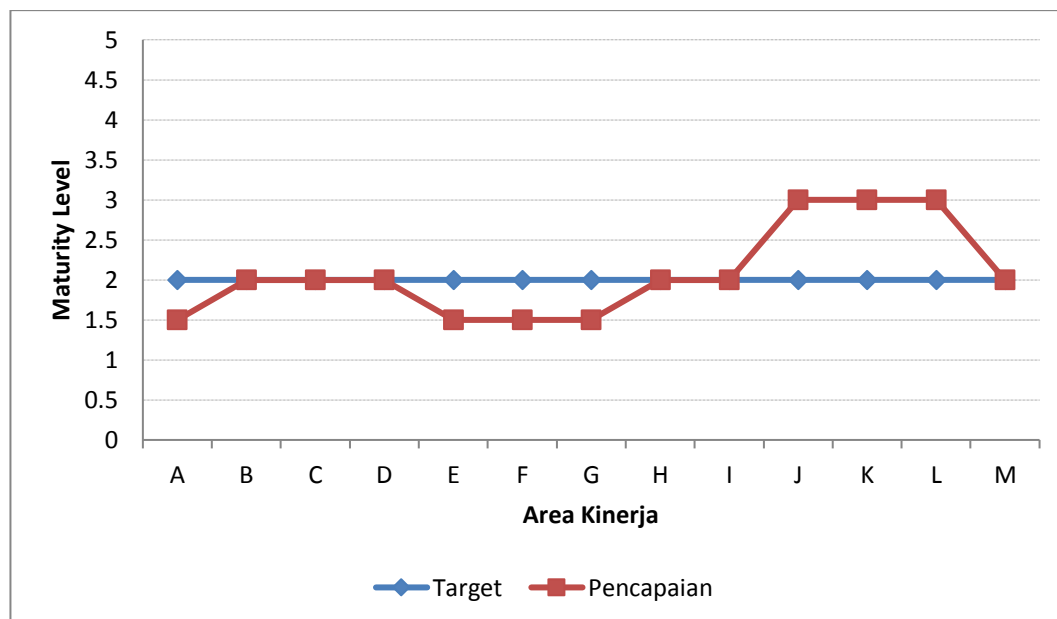
Dari gambar 4.4 dapat dianalisis bahwa hasil kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA unit PLTU B telah mencapai target kinerja yang telah ditentukan.

#### 4.4.3. Penilaian kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU C.

PLTU C adalah salah satu unit kerja dimana kegiatan operasional dan pemeliharannya dikelola oleh PT PJB Services. PLTU dengan kapasitas 2x16,5 MW ini terikat dalam kontrak *supporting* dengan PT PLN (Persero). Hasil penelitian pada PLTU C didapatkan kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada semester II pada tahun 2015 yang dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU C semester II tahun 2015.

Kinerja		Kode	Pencapaian	Target	Gap
Pemeliharaan Prediktif	Pembuatan database PdM	A	1.5	2.0	-0.5
	Jadwal pemeliharaan	B	2.0	2.0	0
	Persiapan teknis lapangan	C	2.0	2.0	0
	Pengukuran ( <i>monitoring</i> )	D	2.0	2.0	0
	Manajemen data	E	1.5	2.0	-0.5
	Analisis dan rekomendasi	F	1.5	2.0	-0.5
	Tindak lanjut	G	1.5	2.0	-0.5
	<i>Cost Benefit Analysis (CBA)</i>	H	2.0	2.0	0
FMEA	Identifikasi peralatan	I	2.0	2.0	0
	Jadwal <i>workshop</i> FMEA	J	3.0	2.0	+1.0
	<i>Workshop</i> FMEA	K	3.0	2.0	+1.0
	Pengukuran efektivitas FMEA	L	3.0	2.0	+1.0
	Rasio FMEA oleh eksternal dan internal	M	2.0	2.0	0



Gambar 4.5. Grafik kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU C semester II tahun 2015.

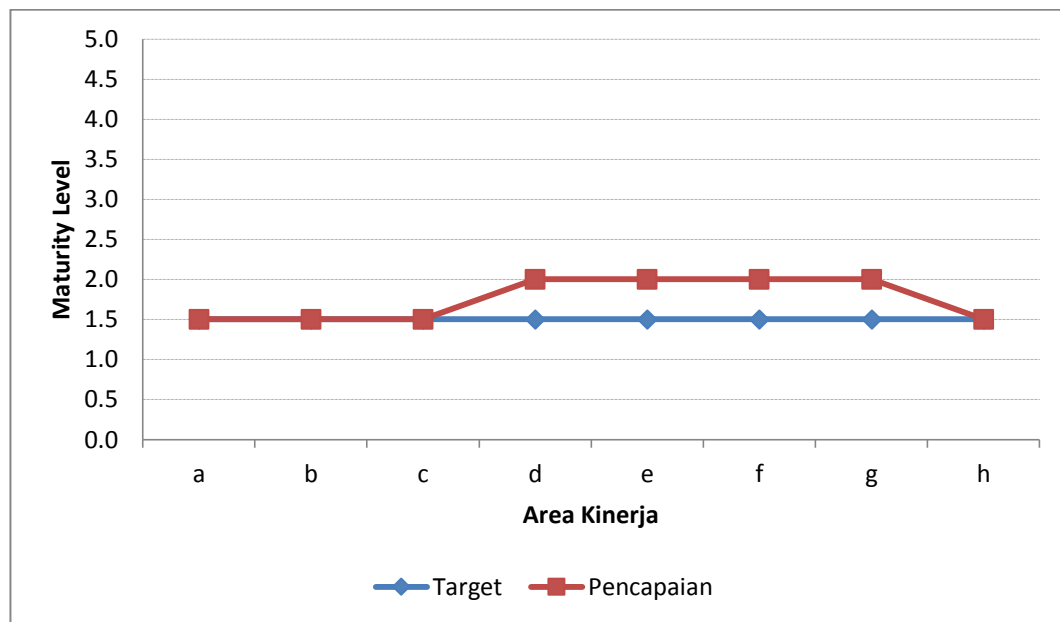
Dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa terdapat kinerja proses unit PLTU C yang tidak tercapai targetnya yaitu:

1. Pemeliharaan prediktif hanya dengan menggunakan teknologi vibrasi dan temperatur
2. Pada peralatan tanpa berdasarkan prioritas pemeliharaan yang dibuat.
3. Pengumpulan data-data pemeliharaan dilakukan secara manual tanpa adanya *software* pemeliharaan prediktif.
4. Analisis data pemeliharaan dilakukan secara sederhana tanpa adanya *trending* data.
5. Tidak ada tindak lanjut dari rekomendasi pemeliharaan, perlunya dibuat pemantauan rekomendasi dan *feedback* dari pelaksana pemeliharaan.

Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU C pada semester II tahun 2015 yang dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9. Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU C semester II tahun 2015.

Kinerja		Kode	Pencapaian	Target	Gap
Pemeliharaan Prediktif	Kehandalan peralatan	a	1.5	1.5	0
	Jumlah rekomendasi	b	1.5	1.5	0
	Analisa dan rekomendasi	c	1.5	1.5	0
FMEA	Pelaksanaan FMEA	d	2.0	1.5	+0.5
	Rekomendasi untuk <i>plant performance improvement</i>	e	2.0	1.5	+0.5
	Pelaksanaan RCFA	f	2.0	1.5	+0.5
	Analisa dan rekomendasi masalah kronis	g	2.0	1.5	+0.5
	Penyelesaian masalah kronis	h	1.5	1.5	0



Gambar 4.6. Grafik kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU C semester II tahun 2015.

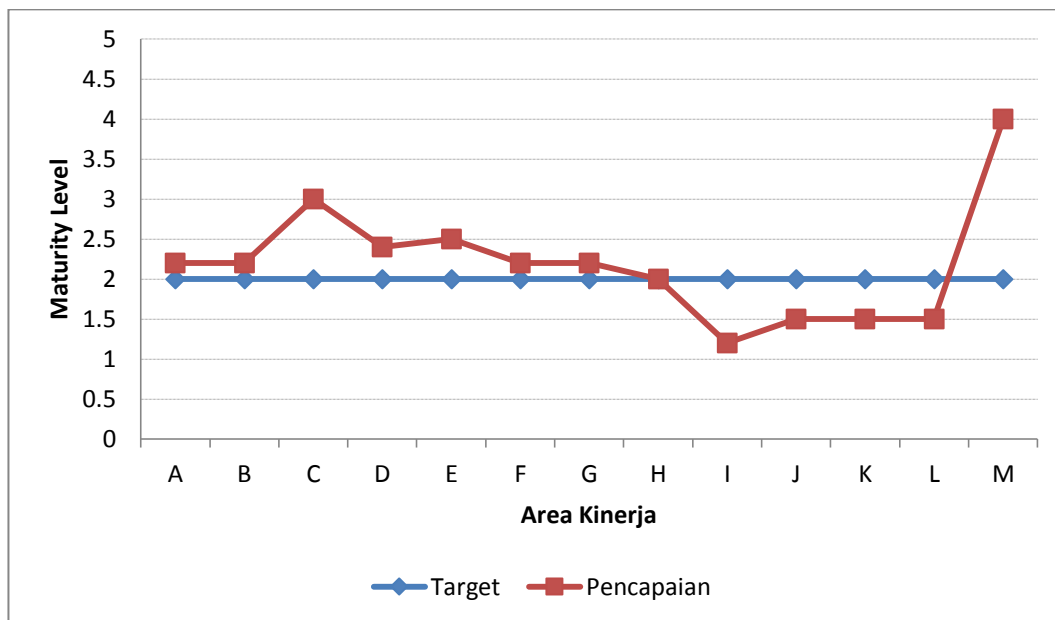
Dari gambar 4.6 dapat dianalisis bahwa hasil kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA unit PLTU C telah mencapai target kinerja yang telah ditentukan.

#### 4.4.4. Penilaian kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU D.

PLTU D adalah salah satu unit kerja dimana kegiatan operasional dan pemeliharaannya dikelola oleh PT PJB Services. PLTU dengan kapasitas 2x16,5 MW ini terikat dalam kontrak *supporting* dengan PT PLN (Persero). Hasil penelitian pada PLTU D didapatkan kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA semester II pada tahun 2015 yang dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10. Kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU D semester II tahun 2015.

Kinerja		Kode	Pencapaian	Target	Gap
Pemeliharaan Prediktif	Pembuatan database PdM	A	2.2	2.0	+0.2
	Jadwal pemeliharaan	B	2.2	2.0	+0.2
	Persiapan teknis lapangan	C	3.0	2.0	+1.0
	Pengukuran ( <i>monitoring</i> )	D	2.4	2.0	+0.4
	Manajemen data	E	2.5	2.0	+0.5
	Analisis dan rekomendasi	F	2.2	2.0	+0.2
	Tindak lanjut	G	2.2	2.0	+0.2
	<i>Cost Benefit Analysis (CBA)</i>	H	2.0	2.0	0
FMEA	Identifikasi peralatan	I	1.2	2.0	-0.8
	Jadwal <i>workshop</i> FMEA	J	1.5	2.0	-0.5
	<i>Workshop</i> FMEA	K	1.5	2.0	-0.5
	Pengukuran efektivitas FMEA	L	1.5	2.0	-0.5
	Rasio FMEA oleh eksternal dan internal	M	4.0	2.0	+2.0



Gambar 4.7. Grafik kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU D semester II tahun 2015.



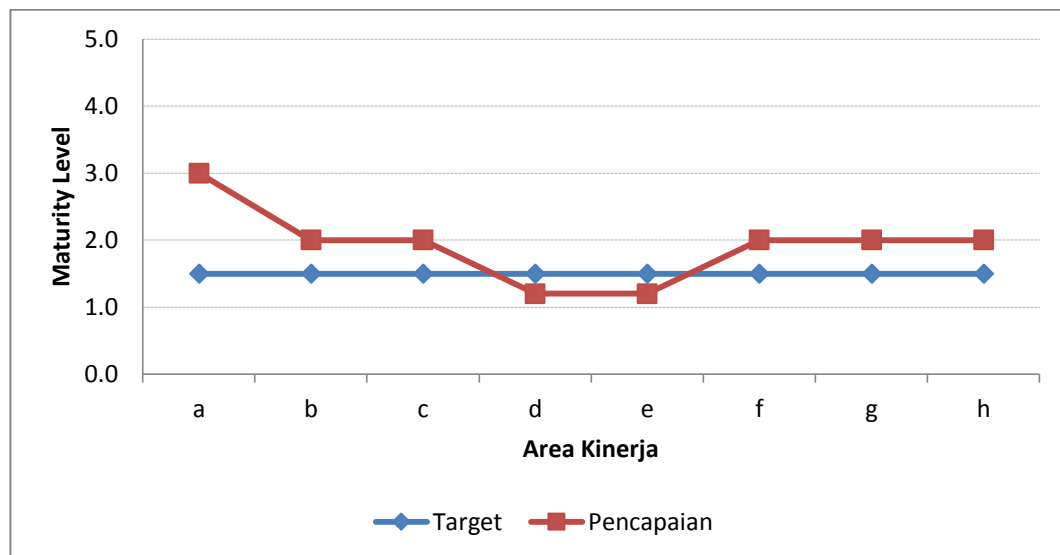
Dari gambar 4.7 dapat dilihat bahwa terdapat kinerja proses unit PLTU D yang tidak tercapai targetnya yaitu:

1. Tidak memiliki daftar untuk identifikasi peralatan yang membutuhkan kajian FMEA, sehingga perlu dibuat daftar FMEA berdasarkan prioritas pemeliharaan atau masalah yang kronis sesuai dengan kebutuhan unit.
2. Belum ada jadwal *workshop* kegiatan kajian FMEA.
3. Belum ada *workshop* untuk melakukan kajian FMEA.
4. Hasil FMEA belum mencantumkan referensi dan data pendukungnya.

Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU D semester II pada tahun 2015 yang dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11. Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU D semester II tahun 2015.

Kinerja		Kode	Pencapaian	Target	Gap
Pemeliharaan Prediktif	Kehandalan peralatan	a	3.0	1.5	+1.5
	Jumlah rekomendasi	b	2.0	1.5	+0.5
	Analisa dan rekomendasi	c	2.0	1.5	+0.5
FMEA	Pelaksanaan FMEA	d	1.2	1.5	-0.3
	Rekomendasi untuk <i>plant performance improvement</i>	e	1.2	1.5	-0.3
	Pelaksanaan RCFA	f	2.0	1.5	+0.5
	Analisa dan rekomendasi masalah kronis	g	2.0	1.5	+0.5
	Penyelesaian masalah kronis	h	2.0	1.5	+0.5



Gambar 4.8. Grafik kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU D semester II tahun 2015.

Dari gambar 4.8 dapat dianalisis bahwa hasil kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA unit PLTU D tidak tercapai targetnya yaitu:

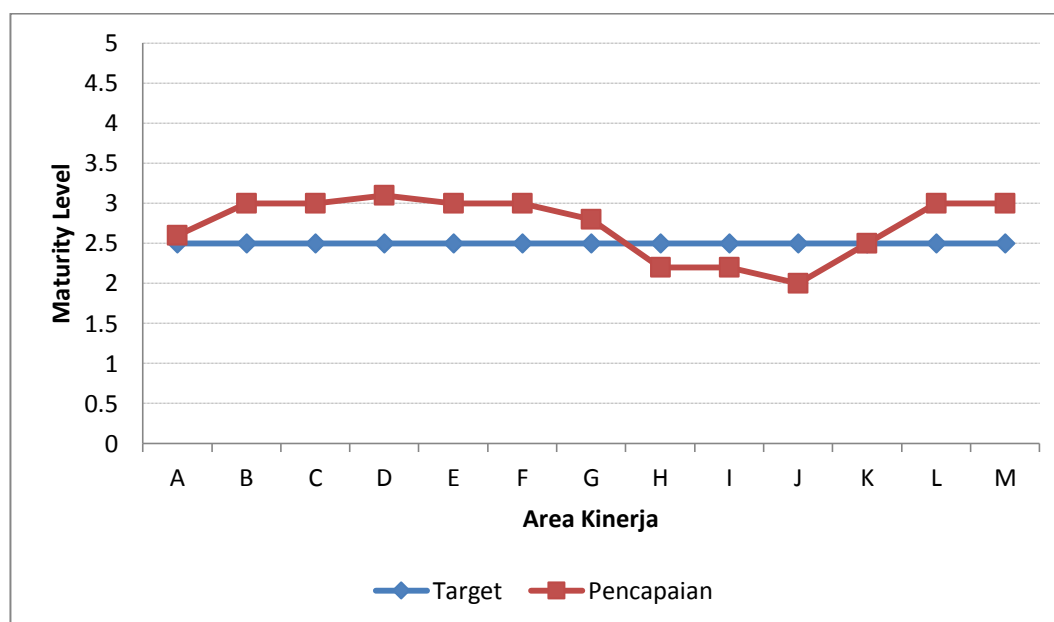
1. Tidak ada pelaksanaan kajian FMEA.
2. Rekomendasi untuk meningkatkan keandalan unit masih sedikit.

#### 4.4.5. Penilaian kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU E.

PLTU E adalah salah satu unit kerja dimana kegiatan operasional dan pemeliharaannya dikelola oleh PT PJB Services. PLTU dengan kapasitas 2x12 MW ini terikat dalam kontrak *supporting* dengan PT PLN (Persero). Hasil penelitian pada PLTU E didapatkan kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA semester II pada tahun 2015 yang dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12. Kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU E semester II tahun 2015.

Kinerja		Kode	Pencapaian	Target	Gap
Pemeliharaan Prediktif	Pembuatan database PdM	A	2.6	2.5	+0.1
	Jadwal pemeliharaan	B	3.0	2.5	+0.5
	Persiapan teknis lapangan	C	3.0	2.5	+0.5
	Pengukuran ( <i>monitoring</i> )	D	3.1	2.5	+0.6
	Manajemen data	E	3.0	2.5	+0.5
	Analisis dan rekomendasi	F	3.0	2.5	+0.5
	Tindak lanjut	G	2.8	2.5	+0.3
	<i>Cost Benefit Analysis (CBA)</i>	H	2.2	2.5	-0.3
FMEA	Identifikasi peralatan	I	2.2	2.5	-0.3
	Jadwal <i>workshop</i> FMEA	J	2.0	2.5	-0.5
	<i>Workshop</i> FMEA	K	2.5	2.5	0
	Pengukuran efektivitas FMEA	L	3.0	2.5	+0.5
	Rasio FMEA oleh eksternal dan internal	M	3.0	2.5	+0.5



Gambar 4.9. Grafik kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU E semester II tahun 2015.

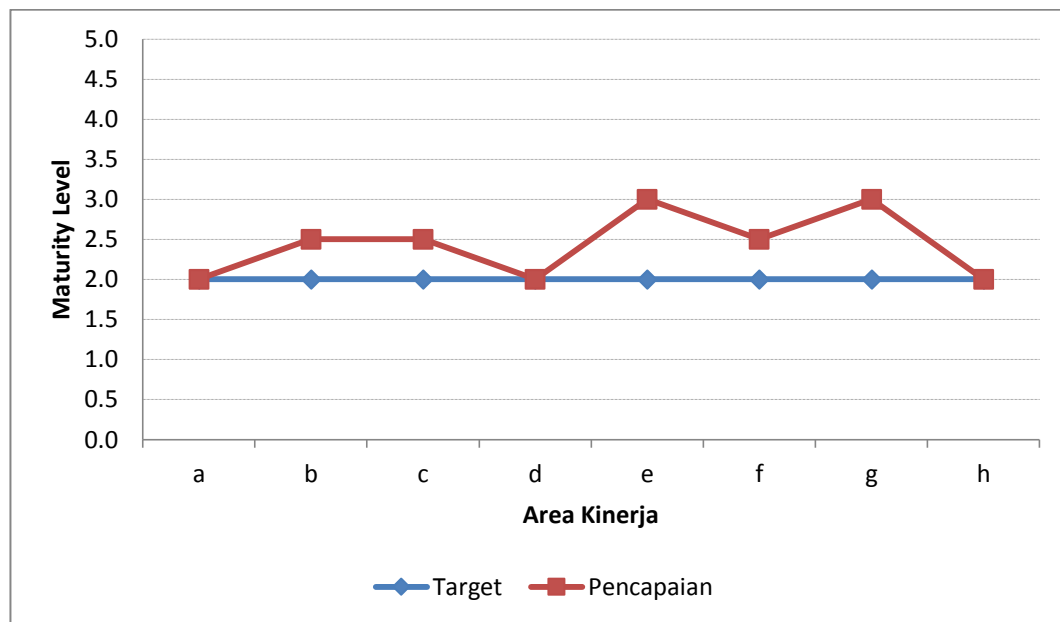
Dari gambar 4.9 dapat dilihat bahwa terdapat kinerja proses unit PLTU E yang tidak tercapai targetnya yaitu:

1. Perhitungan *cost benefit analysis* belum efektif karena masih minimnya rekomendasi-rekomendasi perbaikan.
2. Daftar peralatan yang rusak tidak lengkap karena belum ada daftar FMEA yang berdasarkan prioritas pemeliharaan dan peralatan kritis yang diperlukan sesuai kondisi unit.
3. Tidak ada jadwal kegiatan *workshop* FMEA.

Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU E semester II pada tahun 2015 yang dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13. Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU E semester II tahun 2015.

Kinerja		Kode	Pencapaian	Target	Gap
Pemeliharaan Prediktif	Kehandalan peralatan	a	2.0	2.0	0
	Jumlah rekomendasi	b	2.5	2.0	+0.5
	Analisa dan rekomendasi	c	2.5	2.0	+0.5
FMEA	Pelaksanaan FMEA	d	2.0	2.0	0
	Rekomendasi untuk <i>plant performance improvement</i>	e	3.0	2.0	+1.0
	Pelaksanaan RCFA	f	2.5	2.0	+0.5
	Analisa dan rekomendasi masalah kronis	g	3.0	2.0	+1.0
	Penyelesaian masalah kronis	h	2.0	2.0	0



Gambar 4.10. Grafik kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU E semester II tahun 2015.

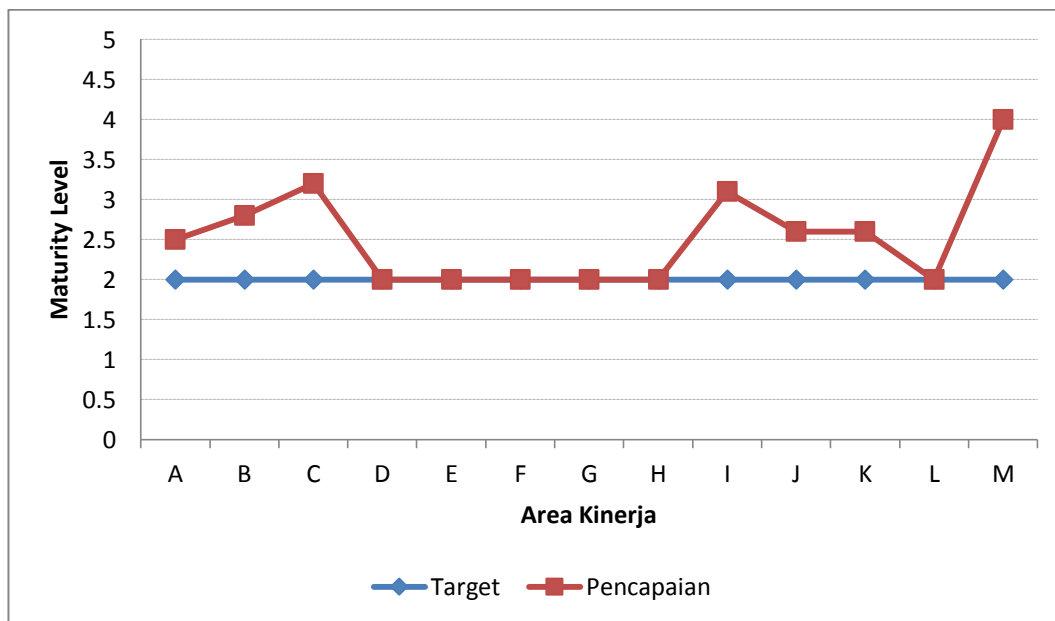
Dari gambar 4.10 dapat dianalisis bahwa hasil kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA unit PLTU E telah mencapai target kinerja yang telah ditentukan.

#### 4.4.6. Penilaian kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU F.

PLTU F adalah salah satu unit kerja dimana kegiatan operasional dan pemeliharaannya dikelola oleh PT PJB Services. PLTU dengan kapasitas 2x7 MW ini terikat dalam kontrak *supporting* dengan PT PLN (Persero). Hasil penelitian pada PLTU F didapatkan kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA semester II pada tahun 2015 yang dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14. Kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU F semester II tahun 2015.

Kinerja		Kode	Pencapaian	Target	Gap
Pemeliharaan Prediktif	Pembuatan database PdM	A	2.5	2.0	+0.5
	Jadwal pemeliharaan	B	2.8	2.0	+0.8
	Persiapan teknis lapangan	C	3.2	2.0	+1.2
	Pengukuran ( <i>monitoring</i> )	D	2.0	2.0	0
	Manajemen data	E	2.0	2.0	0
	Analisis dan rekomendasi	F	2.0	2.0	0
	Tindak lanjut	G	2.0	2.0	0
	<i>Cost Benefit Analysis (CBA)</i>	H	2.0	2.0	0
FMEA	Identifikasi peralatan	I	3.1	2.0	+1.1
	Jadwal <i>workshop</i> FMEA	J	2.6	2.0	+0.6
	<i>Workshop</i> FMEA	K	2.6	2.0	+0.6
	Pengukuran efektivitas FMEA	L	2.0	2.0	0
	Rasio FMEA oleh eksternal dan internal	M	4.0	2.0	+2.0



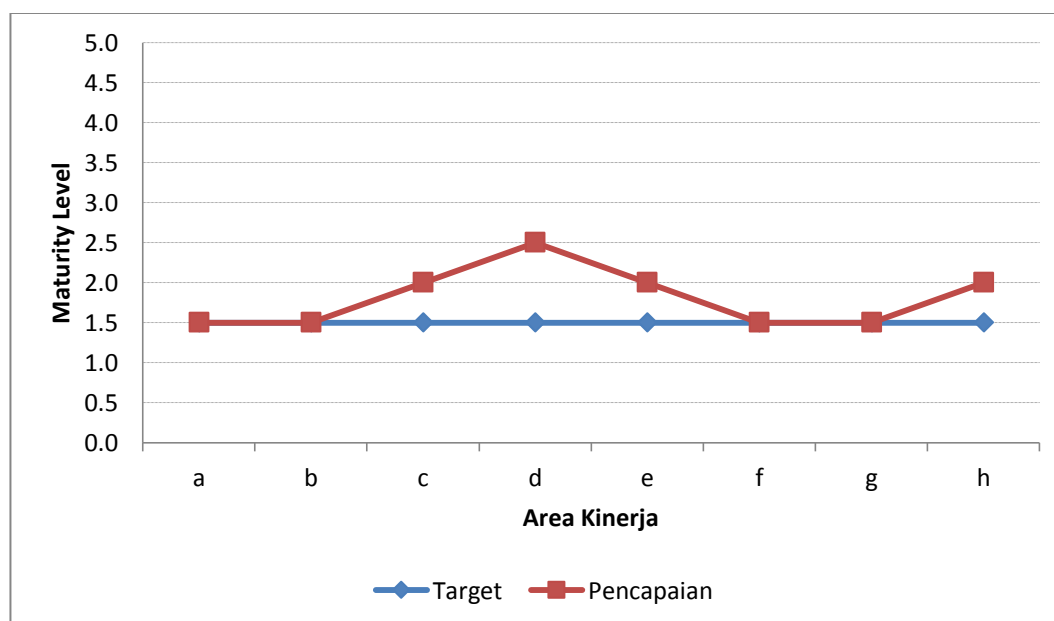
Gambar 4.11. Grafik kinerja proses pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU F semester II tahun 2015.

Dari gambar 4.11 dapat dilihat bahwa terdapat kinerja proses unit PLTU F telah mencapai target kinerja yang telah ditentukan.

Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU F semester II pada tahun 2015 yang dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4.15. Kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU F semester II tahun 2015.

Kinerja		Kode	Pencapaian	Target	Gap
Pemeliharaan Prediktif	Kehandalan peralatan	a	1.5	1.5	0
	Jumlah rekomendasi	b	1.5	1.5	0
	Analisa dan rekomendasi	c	2.0	1.5	+0.5
FMEA	Pelaksanaan FMEA	d	2.5	1.5	+1.0
	Rekomendasi untuk <i>plant performance improvement</i>	e	2.0	1.5	+0.5
	Pelaksanaan RCFA	f	1.5	1.5	0
	Analisa dan rekomendasi masalah kronis	g	1.5	1.5	0
	Penyelesaian masalah kronis	h	2.0	1.5	+0.5



Gambar 4.12. Grafik kinerja hasil pemeliharaan prediktif dan FMEA pada PLTU F semester II tahun 2015.

Dari gambar 4.12 dapat dianalisis bahwa hasil kinerja pemeliharaan prediktif dan FMEA unit PLTU F telah mencapai target kinerja yang telah ditentukan.

#### 4.5. Implementasi manajemen risiko pada unit pembangkit PT PJB Services.

Dari keseluruhan peralatan yang ada pada PLTU diperlukan pengelolaan terhadap berbagai *critical problem* yang didapat dari pengoperasian pembangkit listrik sehingga pelaksanaan pemeliharaan terhadap peralatan tersebut dapat dilakukan secara tepat dan cepat. Oleh karena itu dilakukan pemilihan peralatan yang memiliki tingkat kritis yang tinggi melalui *Risk Priority Number* (RPN). Dari sepuluh peralatan yang memiliki RPN tertinggi dilakukan analisis dampak, penyebab dan pencegahannya dengan metode FMEA. Pencegahan kerusakan peralatan dapat dilakukan dengan metode pemeliharaan prediktif, sehingga potensi kerusakan yang akan terjadi pada peralatan tersebut dapat terdeteksi.

Implementasi metode pemeliharaan prediktif dan FMEA pada enam buah PLTU dilakukan dan diukur kinerjanya setiap semester. Dari penilaian tersebut didapatkan bahwa masih ada kinerja PLTU yang masih dibawah target yaitu PLTU A, C, D, dan E. Sebagian besar permasalahan yang terjadi yaitu belum adanya jadwal pelaksanaan dan *workshop* pengkajian FMEA pada unit. Kajian FMEA yang masih kurang menyebabkan tindak lanjut, analisis *Cost Benefit Analysis* dan rekomendasi untuk pemeliharaan belum efektif sehingga berdampak pada *performance* unit pembangkit yang masih di bawah target kinerja yang telah ditentukan oleh manajemen. Kinerja FMEA dan pemeliharaan prediktif untuk PLTU B dan F telah mencapai bahkan melebihi target kinerja yang telah ditentukan.

Kelebihan-kelebihan yang didapat dari metode manajemen risiko dan pemeliharaan prediktif yaitu:

- Menentukan nilai prioritas pada peralatan berguna untuk menentukan tindak lanjut pemeliharaan yang cepat dan tepat, sehingga penyaluran energi listrik ke pelanggan tidak terganggu.



- Melakukan pengkajian FMEA yang rutin sehingga operator maupun teknisi pemeliharaan dapat mengantisipasi setiap mode kegagalan yang dapat terjadi pada sebuah peralatan.
- Metode pemeliharaan prediktif dan peralatan ukurnya mampu mendeteksi setiap potensi kerusakan yang akan terjadi pada sebuah peralatan sehingga dapat dilakukan persiapan terhadap tindakan pemeliharaan korektif selanjutnya.
- Penilaian kinerja pada pemeliharaan prediktif dan pelaksanaan metode FMEA dapat terukur sehingga setiap unit kerja dapat mengetahui tingkat *maturity* dan menjadi bahan evaluasi untuk meningkatkan kehandalan unitnya.

Kendala yang dapat dihadapi dalam pelaksanaan metode manajemen risiko dan pemeliharaan prediktif yaitu:

- Pengkajian FMEA dapat terkendala oleh belum terlaksananya *workshop* kajian FMEA yang konsisten pada unit kerja.
- Pelaksanaan pemeliharaan prediktif dapat terkendala belum tersedianya peralatan-peralatan kerja karena harga yang sangat mahal dan membutuhkan teknisi yang berpengalaman untuk menganalisis kerusakan suatu peralatan.
- Belum tercapainya target kinerja yang diakibatkan oleh waktu dimulainya pengoperasian PLTU oleh PT PJB Services masih tergolong singkat yaitu antara 1 hingga 3 tahun. Fase pengoperasian ini masih tergolong fase '*fire fighting*' dimana masih butuh banyak penyesuaian pada tenaga kerja dan peralatan itu sendiri (peralatan masih berada pada fase *commissioning*).

Lampiran 1. Kerangka kinerja proses pemeliharaan prediktif.

Kinerja	Level	Uraian
<b>Pembuatan Database PdM</b> Pembuatan database PdM ( <i>Equipment &amp; Technology Matrix</i> ) berdasarkan SERP, FMEA	Level 1	Belum dilakukan persiapan kegiatan PdM.
	Level 2	Pembuatan database sudah dilakukan hanya pada teknologi tertentu dan tidak berdasarkan <i>Maintenance Priority Index</i> .
	Level 3	Pengaturan PdM sudah lengkap dilakukan berdasarkan <i>Maintenance Priority Index</i> dengan dasar panduan umum <i>setting</i> PdM.
	Level 4	Pengaturan PdM sudah lengkap dilakukan berdasarkan <i>Maintenance Priority Index</i> dengan dasar panduan umum <i>setting</i> PdM, mencakup sebagian besar teknologi PdM
	Level 5	Database PdM sudah lengkap dan jelas mencakup keseluruhan unit yang didahului dengan analisis RPN dan FMEA yang didapat dari pengalaman operasi.
<b>Jadwal</b> Jadwal bulanan pelaksanaan PdM, termasuk didalamnya sumber <i>manhours</i> dan peralatannya	Level 1	Belum ada jadwal (mingguan, bulanan dan tahunan) yang diikuti secara konsisten
	Level 2	Ada jadwal tetapi tidak dipatuhi secara konsisten dan belum konsisten dalam perencanaan sumbernya
	Level 3	Ada jadwal yang dipatuhi secara konsisten, tetapi belum konsisten dalam perencanaan sumbernya
	Level 4	Ada jadwal yang dipatuhi secara konsisten, sebagian besar sumbernya direncanakan dengan baik dan konsisten
	Level 5	Jadwal tersusun lengkap dengan sumbernya dan secara konsisten dilaksanakan
<b>Persiapan Teknis Lapangan</b> Identifikasi dan persiapan pelaksanaan pekerjaan : orang, alat, metode, hubungan dengan bagian lain	Level 1	Tidak ada panduan yang jelas dan dimengerti pelaksana untuk melaksanakan kerja lapangan
	Level 2	Ada panduan yang jelas tetapi tidak memenuhi persyaratan yang baik dan tidak dilaksanakan dengan konsisten
	Level 3	Ada panduan yang jelas dan memenuhi persyaratan yang baik tetapi tidak dilaksanakan dengan konsisten
	Level 4	Ada panduan yang jelas dan memenuhi persyaratan yang baik dan sebagian besar dilaksanakan dengan konsisten

	Level 5	Ada panduan persiapan yang jelas, lengkap dan memenuhi syarat persiapan yang baik meliputi <i>manhours</i> , <i>skill</i> , alat dan koordinasi antar bidang serta dilaksanakan secara konsisten
<b>Pengukuran (Monitoring)</b> Pengamatan kondisi peralatan dilakukan dengan mengukur level vibrasi, kondisi pelumasan, panas, impurities menggunakan peralatan vibration montring, <i>tribology tools</i> , IR <i>thermography</i> .	Level 1	Pengukuran tidak mentaati jadwal atau menggunakan alat yang tidak tepat
	Level 2	Pengukuran sudah mentaati jadwal tetapi menggunakan alat yang tidak tepat (belum menggunakan multi teknologi)
	Level 3	Jadwal telah ditaati dan peralatan yang digunakan representatif. Tetapi pengambilan data masih sering perlu diulang karena validitasnya diragukan
	Level 4	Semua jadwal dilaksanakan secara teratur dengan peralatan yang memadai dan sebagian besar (70 %) datanya representatif sebagai bahan analisis
	Level 5	Semua jadwal dilaksanakan secara teratur dengan peralatan yang memadai dan menghasilkan data yang representatif sebagai bahan analisis
<b>Manajemen data</b> Penanganan data-data kondisi peralatan secara komputerisasi dari data pengukuran dan data lainnya, termasuk didalamnya membuat trend data, <i>warning system</i> dsb.	Level 1	Data terkumpul dan dikelola secara manual
	Level 2	Data terkumpul dan dikelola secara manual dan sebagian dengan software PdM
	Level 3	Data sudah dikelola secara komputerisasi dan mudah dimonitor, tetapi belum sesuai yang diharapkan dalam analisis
	Level 4	Semua data komputerisasi dan dikelola dengan baik dan dapat dimonitor dengan mudah, sebagian besar (80%) sesuai yang dibutuhkan dalam analisis dan rekomendasi
	Level 5	Semua data komputerisasi dan dikelola dengan baik dan dapat dimonitor dengan mudah sesuai yang dibutuhkan dalam analisis dan rekomendasi
<b>Analisis&amp; Rekomendasi</b>	Level 1	Belum dibuat analisis hasil pengukuran
Analisis dari data terkumpul dan seluruh kondisi yang mempengaruhi operasi peralatan pembangkit dan memberikan rekomendasi	Level 2	Analisis dilakukan sederhana dengan hanya menggunakan <i>trend</i> data saja
	Level 3	Semua data sudah dilakukan analisis, meskipun sederhana dan rekomendasi yang dibuat belum jelas dan akurat
	Level 4	Semua data sudah dilakukan analisis dengan pendekatan multi teknologi, sebagian besar (70 %) rekomendasi yang dibuat akurat

kepada O/M	Level 5	Semua data yang membutuhkan analisis sudah dianalisis dengan baik dan memberikan rekomendasi yang akurat
<b>Tindak Lanjut</b> Pelaksanaan, pengamatan atau perubahan jadwal dan pekerjaan dari hasil analisis dan rekomendasi	Level 1	Sebagian besar rekomendasi tidak ditindaklanjuti
	Level 2	Sebagian besar rekomendasi sudah ditindaklanjuti tetapi tidak ada <i>feedback</i> ke <i>analyst</i>
	Level 3	Sebagian besar rekomendasi sudah ditindaklanjuti dan ada <i>feedback</i> ke <i>analyst</i>
	Level 4	Rekomendasi dilaksanakan secara konsisten, efek ke kinerja peralatan belum dimonitor / didokumentasikan dengan baik
	Level 5	Rekomendasi dilaksanakan secara konsisten dilengkapi dengan <i>feedback</i> dan telah memberikan kontribusi positif bagi kinerja peralatan
<b>Cost and Benefit Analysis</b> Kalkulasi biaya pelaksanaan PdM dan hasil rekomendasinya dibanding dengan biaya yang akan timbul jika pemeliharaan tidak terencana	Level 1	Belum ada perhitungan CBA dalam kegiatan PdM
	Level 2	Melakukan CBA sebagian kecil dari rekomendasi ( < 50 %)
	Level 3	Sebagian besar rekomendasi sudah dilakukan analisis CBA
	Level 4	Sebagian besar rekomendasi dilakukan CBA didokumentasikan dengan baik
	Level 5	Perhitungan CBA dilakukan periodik atau per kasus secara baik dan menyeluruh serta menghasilkan nilai positif dalam efisiensi

(Power Plant Academy, 2013)

Lampiran 2. Kerangka kinerja proses FMEA.

<b>Identifikasi peralatan yang membutuhkan FMEA</b> Daftar prioritas system dan peralatan yang membutuhkan FMEA.	Level 1	Tidak memiliki daftar
	Level 2	Daftar sistem dan peralatan yang rusak ( <i>shutdown</i> ) tidak lengkap
	Level 3	Daftar prioritas sistem dan peralatan yang berdasarkan MPI.
	Level 4	Daftar sistem dan peralatan yang rusak ( <i>shutdown</i> ), beroperasi dibawah kapasitas karena kerusakan dan dugaan kerusakannya tidak lengkap
	Level 5	Daftar prioritas sistem dan peralatan yang berdasarkan MPI dan kebutuhan pembangkit pada saat ini.
<b>Jadwal <i>workshop</i> FMEA</b> Penjadwalan kegiatan <i>workshop</i> FMEA	Level 1	Tidak ada penjadwalan
	Level 2	Jadwal dibuat kasus per kasus
	Level 3	Jadwal tersusun tetapi pelaksanaan <i>workshop</i> tidak tepat waktu.
	Level 4	Jadwal tersusun tetapi pelaksanaan <i>workshop</i> tidak tepat waktu karena kendala kelengkapan informasi.
	Level 5	Jadwal <i>workshop</i> tersusun rapi disertai perbandingan tanggal estimasi dan aktual penyelesaian FMEA.
<b>Workshop FMEA</b> Kualitas <i>workshop</i> untuk menggali data identifikasi kerusakan, penyebab, dampak dan rencana perbaikan.	Level 1	<i>Workshop</i> tidak dapat mengidentifikasi kerusakan
	Level 2	<i>Workshop</i> dapat memperoleh data kerusakan, memerlukan waktu yang lama dan belum terstruktur
	Level 3	<i>Workshop</i> dapat memperoleh data kerusakan, penyebab kerusakan, efek kerusakan secara sistematis. Tetapi FDT yang dirumuskan belum siap untuk dieksekusi.
	Level 4	Dalam <i>workshop</i> belum semua kasus kegagalan dapat diperoleh data kerusakan, penyebab kerusakan, efek kerusakan dan merumuskan jalan keluar untuk dieksekusi secara sistematis
	Level 5	<i>Workshop</i> dapat memperoleh data kerusakan, penyebab kerusakan, efek kerusakan secara sistematis. FDT yang dirumuskan sudah siap untuk dieksekusi.
<b>Pengukuran efektivitas hasil FMEA</b> Pengukuran efektifitas task	Level 1	Tidak diukur
	Level 2	Hasil FMEA belum mencantumkan referensi dan data pendukungnya

FMEA untuk meningkatkan kehandalan unit	Level 3	Pengukuran dilakukan oleh <i>System Engineer</i> menggunakan sistem yang terpisah dari <i>Ellipse</i> .
	Level 4	Belum semua hasil FMEA mencantumkan referensi dan data pendukungnya serta dapat dijabarkan sebagai tindakan eksekusi
	Level 5	Pengukuran dilakukan oleh <i>System Engineer</i> secara terintegrasi dengan <i>Ellipse</i> .
<b>Ratio FMEA oleh eksternal dan internal</b> Perbandingan penyelesaian FMEA oleh pihak ketiga dan dari internal unit	Level 1	Dibawah 90 %
	Level 2	Dibawah 75 %
	Level 3	Dibawah 50%
	Level 4	Dibawah 25 %
	Level 5	Dibawah 5 %

(Power Plant Academy, 2013)

Lampiran 3. Kerangka kinerja hasil pemeliharaan prediktif.

<b>Kehandalan peralatan</b> Penurunan ILS ( <i>Incident Log Sheet</i> ) pada peralatan didalam pekerjaan PdM	Level 1	Tidak ada penurunan
	Level 2	sebesar 0.5% setiap bulan.
	Level 3	sebesar 1% setiap bulan.
	Level 4	sebesar 1.5% setiap bulan.
	Level 5	sebesar 2% setiap bulan.
<b>Jumlah rekomendasi</b> Peningkatan jumlah rekomendasi untuk meningkatkan pekerjaan PM atau PdM	Level 1	Tidak ada rekomendasi
	Level 2	sebesar 0.5% setiap bulan.
	Level 3	sebesar 1% setiap bulan.
	Level 4	sebesar 1.5% setiap bulan.
	Level 5	sebesar 2% setiap bulan serta tindak lanjutnya dipantau
<b>Analisis dan rekomendasi</b> Kesesuaian dan ketajaman analisis	Level 1	Tidak ada data
	Level 2	50% dari kerusakan peralatan teridentifikasi oleh PdM, analisis dan rekomendasi yang diberikan telah sesuai
	Level 3	75% dari kerusakan peralatan teridentifikasi oleh PdM, analisis dan rekomendasi yang diberikan telah sesuai
	Level 4	90% dari kerusakan peralatan teridentifikasi oleh PdM, analisis dan rekomendasi yang diberikan telah sesuai
	Level 5	Tidak ada kerusakan yang tidak teridentifikasi (dalam pekerjaan PdM)

(Power Plant Academy, 2013)

Lampiran 4. Kerangka kinerja hasil FMEA.

<b>Pelaksanaan FMEA</b> Melaksanakan FMEA sampai dengan menghasilkan <i>Task Execution Planning</i>	Level 1	Tidak ada
	Level 2	minimal 1 peralatan per bulan
	Level 3	minimal 2 peralatan per bulan
	Level 4	minimal 4 peralatan per bulan
	Level 5	minimal 8 peralatan per bulan
<b>Rekomendasi untuk <i>plant performance improvement</i></b> Rekomendasi untuk <i>plant performance improvement</i> yang telah dikaji dengan FMEA	Level 1	Tidak ada
	Level 2	Rekomendasi kurang dari 1 dalam 3 bulan
	Level 3	minimal 1 rekomendasi per bulan
	Level 4	minimal 2 rekomendasi per bulan
	Level 5	minimal 4 rekomendasi per bulan
<b>Pelaksanaan RCFA</b> Memberikan rekomendasi hasil RCFA untuk kerusakan berulang	Level 1	Tidak ada
	Level 2	minimal 1 peralatan per bulan
	Level 3	minimal 2 peralatan per bulan
	Level 4	Minimal 3 rekomendasi kerusakan berulang diberikan/bulan dari RCFA
	Level 5	Minimal 5 rekomendasi kerusakan berulang diberikan/bulan dari RCFA
<b>Analisa dan rekomendasi masalahkronis</b> Rekomendasi penyelesaian ( <i>solved problem</i> ) kerusakan berulang	Level 1	Tidak ada
	Level 2	1 peralatan per 3 bulan
	Level 3	1 peralatan per 2 bulan
	Level 4	1 peralatan per bulan
	Level 5	minimal 2 peralatan per bulan
<b>Penyelesaian masalah kronis</b> Penyelesaian FDT <i>Chronic Problem</i> teratas dari hasil analisa Pareto	Level 1	Tidak ada
	Level 2	Minimal 1 masalah teratasi dari hasil analisa Pareto setiap 6 bulan
	Level 3	Minimal 2 masalah teratasi dari hasil analisa Pareto setiap 6 bulan
	Level 4	Minimal 2 masalah teratasi dari hasil analisa Pareto setiap 3 bulan
	Level 5	Minimal 3 masalah teratasi dari hasil analisa Pareto setiap 3 bulan

(Power Plant Academy, 2013)



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dibuat kesimpulan serta saran dari hasil analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.

#### 5.1. Kesimpulan.

Berdasarkan hasil analisis manajemen risiko kerusakan peralatan pembangkit listrik pada PT PJB Services, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengelolaan risiko operasional pada pembangkit listrik menggunakan metode FMEA dimana prioritas risiko ditentukan oleh RPN. Nilai RPN tertinggi pada PLTU yaitu *transformer* dengan nilai 480. Dampak gangguan yang dapat terjadi yaitu menyebabkan tidak berfungsinya PLTU untuk memproduksi energi listrik. Keseluruhan mode kegagalan, dampak, penyebab dan cara pencegahan dari sepuluh nilai RPN tertinggi dapat dianalisis pada tabel FMEA.
2. Pemeliharaan prediktif merupakan metode kerja pemeliharaan yang efektif untuk mengidentifikasi dan analisis potensi kerusakan peralatan sebelum peralatan tersebut mengalami kegagalan fungsi. Dari kesepuluh peralatan PLTU yang memiliki nilai RPN tertinggi dapat diterapkan pola pemeliharaan prediktif dengan menggunakan teknologi dan alat ukur yang tepat dengan menggunakan pengambilan data vibrasi, MCSA, IR *thermography* maupun analisis minyak pelumas.
3. Penilaian kinerja terhadap peralatan pembangkit dilakukan untuk mengetahui tingkat kesiapan peralatan dalam menunjang operasional unit pembangkit. Dari penilaian tersebut didapatkan bahwa masih ada kinerja PLTU yang masih dibawah target yaitu PLTU A, C, D, dan E. Sebagian besar permasalahan yang terjadi yaitu belum adanya jadwal pelaksanaan dan *workshop* pengkajian FMEA pada unit. Kajian FMEA yang masih kurang menyebabkan tindak lanjut, analisis *Cost Benefit Analysis* dan rekomendasi untuk pemeliharaan belum efektif sehingga berdampak pada *performance* unit pembangkit yang

masih di bawah target kinerja yang telah ditentukan oleh manajemen. Kinerja FMEA dan pemeliharaan prediktif untuk PLTU B dan F telah mencapai bahkan melebihi target kinerja yang telah ditentukan.

## 5.2. Saran.

1. Pengawas produksi maupun manajemen perlu memperhatikan kinerja pemeliharaan prediktif yang saling berkesinambungan antara teknisi pemeliharaan, peralatan kerja, analisis serta rekomendasi dan tindak lanjutnya sehingga didapatkan tindakan pemeliharaan yang tepat dan dapat meningkatkan keandalan unit pembangkit listrik.
2. Perlu dilakukan perencanaan kegiatan *workshop* yang rutin untuk menyusun kajian FMEA berupa potensi gangguan dan kerusakan pada peralatan, pembaruan nilai *Risk Priority Number* (RPN), *workshop* tersebut dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang ditentukan pada masing-masing unit pembangkit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Carlson, Carl, (2012), *Effective FMEAs: Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes Using Failure Mode and Effect Analysis*, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, Canada.
- Desrianty, Arie dan Prasetyo, Hendro (2013), “Peningkatan Kualitas Baja Lembaran Dingin dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Studi Kasus di PT. Krakatau Steel)”, *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*, Vol. 4, hal. E-74 – E-80.
- Dhillon, B.S, (2006), *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*, Taylor & Francis, New York.
- Hanafi, Mamduh M., (2014), *Manajemen Risiko*, UPP STIM YKPN, Yogyakarta.
- International Organization for Standardization (2009), *Risk Management Principles and guidelines*, Switzerland.
- Kurniawan, Isadli dan Iwan Vanany, (2013), *Analisis Risiko Kerusakan Peralatan Dengan Metode Probabilistik FMEA Pada Industri Minyak dan Gas*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Larson, Erik W. dan Gray, Clifford F., (2011), *Project Management: The Managerial Process*, 5<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill, New York, USA.
- Meilania, Tiurma (2014), “Penerapan ISO 31000 dalam Pengelolaan Risiko pada Bank Perkreditan Rakyat (Studi Kasus Bank Perkreditan Rakyat)”, *Jurnal Administrasi Bisnis*, Vol. 10, No. 1, hal. 17-32.
- Mellisa dan Andono, Fidelis Arastyo (2013), “Penerapan Enterprise Risk Management dalam Rangka Meningkatkan Efektifitas Kegiatan Operasional CV. Anugerah Berkat Calindojaya”, *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*, Vol. 2, No. 1, hal. 1-15.
- Nanda, Leonard dan Hartanti, Lusya P.S (2014), “Analisis Risiko Kualitas Produk dalam Proses Produksi Miniatur Bis dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis pada Usaha Kecil Menengah Niki Kayoe”, *Jurnal Gema Aktualita*, Vol. 3, No. 2, hal. 71-82.

- Project Management Institute, Inc., (2013), *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, 5<sup>th</sup> edition, Project Management Institute, Pennsylvania, USA.
- Scheffer, Cornelius dan Girdhar, Paresh, (2004), *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance*, Elsevier, Oxford.
- Smith, David J, (2001), *Reliability, Maintainability and Risk*, 6<sup>th</sup> edition, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Tim Kinris PT PJBS, (2015), *Pedoman Penilaian Kontrak Kinerja Unit PT Pembangkitan Jawa Bali Services*, Handout, PT Pembangkitan Jawa Bali Services, Sidoarjo.
- Tim PPA PT PJB, (2013), *Reliability Management*, Power Plant Academy Handout, PT Pembangkitan Jawa Bali, Surabaya.
- Tim PPA PT PJB, (2013), *Risk Management*, Power Plant Academy Handout, PT Pembangkitan Jawa Bali, Surabaya.
- Vainsys, Povilas dan Contri, Paolo, (2006), *Monitoring the Effectiveness of Maintenance Programs Through the Use of Performance Indicators*, DG-JRC Institute for Energy, Petten, Netherlands.